



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD (RCM) PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE TABLEROS DE LA EMPRESA SERTES
S.A.C, LIMA, 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

MARCHENA SOSA, FRED ALEXANDER

ASESOR:

Mgtr. REINOSO VASQUEZ GEORGE

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

GESTIÓN EMPRESARIAL Y PRODUCTIVA

Lima – Perú

Año

2018

El Jurado encargado de evaluar la Tesis presentada por Don (a) :

Fred Alexander Marchena Sosa

cuyo título es:

IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD (RCM) PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD
DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE TABLEROS DE LA EMPRESA
SERTES S.A.C, LIMA, 2018

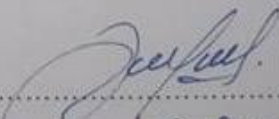
Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de
preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

14 (número) Catorce (letras).

Los Olivos, 19 de Julio del 2018


.....
Presidente


.....
Secretario
Gustavo Montoya


.....
Vocal G. Rincón

Dedicatoria

Este presente trabajo se lo dedico a mi familia quienes han sido parte fundamental para el desarrollo de esta investigación

Agradecimientos

Gracias a mis asesores y profesores que me han formado y guiado en esta hermosa carrera, que es la ingeniería industrial.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Fred Alexander Marchena Sosa, con DNI N° 43129007, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también, bajo juramento, que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, Mayo del 2018

MARCHENA SOSA, Fred Alexander

DNI: 43129007

PRESENTACIÓN

SEÑORES MIEMBROS DEL JURADO

En cumplimiento de las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para aumentar la productividad del área de producción de tableros de la empresa SERTES S.A.C, Lima, 2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Industrial.

El autor

ÍNDICE

PÁGINA DE JURADO	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	V
PRESENTACION	VI
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
 I. INTRODUCCIÓN	 1
1.1 Realidad Problemática	2
1.2 Trabajos previos	13
1.3 Teorías relacionadas al tema	21
1.3.1 Sistemas de mantenimiento	21
1.3.2 Evolución del mantenimiento	22
1.3.2.1 Primera generación	23
1.3.2.2 Inicios del mantenimiento correctivo o reactivo	23
1.3.2.3 Segunda generación	24
1.3.2.4 Mantenimiento preventivo	24
1.3.2.5 Tercera generación	25
1.3.2.6 Cuarta generación	26
1.3.3 Confiabilidad	26
1.3.4 Disponibilidad	27
1.3.5 Mantenibilidad	27
1.3.6 Diversas técnicas de confiabilidad	28
1.3.6.1 Auditorias de gestión	28
1.3.6.2 Análisis probabilístico de fallas	29
1.3.6.3 RBA análisis basado en riesgos	29
1.3.6.4 RCM (Reliability Centred Maintenance	29
1.3.6.5 Otras teorías relacionadas a confiabilidad	29
1.3.7 RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad	30
1.3.8 Las 7 preguntas básicas del RCM	31
1.3.9 Etapas de la implementación del RCM	32
1.3.9.1 Etapa 1: Equipo de trabajo	32
1.3.9.2 Etapa 2: Definición del contexto	32
1.3.9.3 Etapa 3: AMEF	34
1.3.9.4 Etapa 4: árbol lógico	34
1.3.9.5 Etapa 4: mejora continua	35
1.3.10 Productividad	36
1.3.11 Eficiencia	36

1.3.12	Eficacia	37
1.3.13	Elementos que contribuyen a la productividad	37
1.3.14	Importancia de la productividad	37
1.4	. Formulación del problema	38
1.4.2.	Problema específico	38
1.5	. Justificación del estudio	38
1.5.1	Justificación académica	38
1.5.2	Justificación económica	39
1.5.3	Justificación social	39
1.6	Hipótesis	39
1.6.1	Hipótesis general	39
1.6.2	Hipótesis específica	40
1.7	Objetivos	40
1.7.1	Objetivo general	40
1.7.2	Objetivo específico	40
1.8	Matriz de coherencia	41
II.	METODO	42
2.1	Tipo y diseño de investigación	43
2.2	Variables, operacionalización	44
2.2.1	Variable Independiente	44
2.2.2	Variable Dependiente	45
2.3	Población, muestra y muestreo	48
2.3.1	Población	48
2.3.2	Muestra	48
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	48
2.4.1	Técnicas de recopilación de datos	48
2.4.2	Instrumentos de recolección de datos	48
2.4.3	Validez y confiabilidad	49
2.5	Métodos de análisis de datos	50
2.6	Aspectos éticos	50
2.7	Desarrollo de la propuesta	50
2.7.1	Situación actual	50
2.7.2	Propuesta de mejora	73
2.7.2.1	alternativas de solución	73
2.7.2.2	plan de mejora	73
2.7.3	implementación del plan de mejora	75
2.7.3.1	equipo de trabajo	76
2.7.3.2	definición de contexto	76
2.7.3.3	AMEF	77
2.7.3.3.1	sistema de información	77
2.7.3.3.2	determinar área de estudio	91
2.7.3.3.3	descripción de modos	95

2.7.3.3.4	análisis de modo y efecto de falla	103
2.7.3.4	Árbol lógico de fallas	106
2.7.4	resultados de la implementación	115
2.7.5	Análisis económico financiero	131
III	RESULTADOS	140
3.1	análisis descriptivo	141
3.1.1	análisis de variable independiente	141
3.1.2	análisis de la variable dependiente	144
3.2	análisis inferencial	150
3.2.1	análisis de la hipótesis general	150
3.2.2	análisis de la primera hipótesis específica	153
3.2.3	análisis de la segunda hipótesis específica	155
IV	DISCUSIÓN	158
4.1	discusión general	159
V	CONCLUSIONES	161
VI	RECOMENDACIONES	163
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	165
	ANEXOS	169

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Ishikawa	7
Figura 2. Evolución de las expectativas de mantenimiento	22
Figura 3. Evolución de las técnicas de mantenimiento	23
Figura 4. Diversas técnicas de confiabilidad industrial	28
Figura 5. Ciclo del RCM	30
Figura 6. Flujo grama del proceso de RCM	31
Figura 7. Árbol lógico de decisiones	35
Figura 8. Flujo grama de proceso de la empresa (tableros	52
Figura 9. Organigrama del área de producción	53
Figura 10. layout	54
Figura 11. DOP	55
Figura 12. Fotografía: depósito de repuestos y equipos en mal estado	58
Figura 13. Fotografía: Antiguo plan de mantenimiento	58
Figura 14. Fotografía: Antiguo plan por equipo	59
Figura 15. Fotografía: Tablero a ras de piso	63
Figura 16. Fotografía: Tablero elevado	64
Figura 17. Flujo grama del proceso de implementación	75
Figura 18. Sistema de codificación	77
Figura 19. Fotografía: Codificación	81
Figura 20. Fotografía: Codificación	81
Figura 21. Fotografía: Proceso de pulido por desgaste	94
Figura 22. Fotografía: Proceso de pulido por frotación	94
Figura 23. Modos de falla de la cizalla de metal	95
Figura 24. Modos de falla de la cortadora de metal	95
Figura 25. Modos de falla de la dobladora de metal	96
Figura 26. Modos de falla de la soldadora mig	96
Figura 27. Modos de falla de la soldadora simple	97
Figura 28. Modos de falla de la pulidora	97
Figura 29. Modos de falla de la compresora	98
Figura 30. Modos de falla del taladro de banco	98
Figura 31. Modos de falla del taladro	99
Figura 32. Modos de falla de la amoladora de corte	99
Figura 33. Modos de falla del generador eléctrico	100
Figura 34. Fotografía: Modos de falla cortadora (carbones en mal estado)	100
Figura 35. Fotografía: Modos de falla cortadora (atascamiento de bisagras)	101
Figura 36. Fotografía: Modos de falla amoladora de corte (rodadura irregular)	101
Figura 37. Fotografía: Modos de falla amoladora (ludimiento de elementos)	102
Figura 38. Fotografía: Modos de falla amoladora (Fatiga elementos plásticos)	102

Figura 39. Árbol lógico de Fallas	106
Figura 40. Imagen del programa	108
Figura 41. Modo de falla	108
Figura 42. Cuadernillo del programa de mantenimiento (área producción)	109
Figura 43. Seguimiento del plan de mantenimiento (cambio de carbones)	109
Figura 44. Ejemplo de plan de mantenimiento (amoladora de corte)	110
Figura 45. Cuadernillo de mantenimiento	111
Figura 46. Ficha de futuras programaciones	111
Figura 47. Capacitaciones (equipos de soldadura)	112
Figura 48. Capacitaciones (seguimiento del programa de mantenimiento)	112
Figura 49. Manuales de usuario	113
Figura 50. Gatillos de accionamiento AS 207 -208	114
Figura 51. Rodamientos 3x10x4	114
Figura 52. Carbones 5x8x12mm	115
Figura 53. Suciedad en los elementos	130
Figura 54. Ludimiento de engranes	130
Figura 55. Ludimiento y fatiga de elementos	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producto bruto interno (Variación porcentual	5
Tabla 2. Telecomunicaciones y otros servicios: valor agregado bruto	6
Tabla 3. Matriz Vester	8
Tabla 4. Datos del análisis Pareto	10
Tabla 5. Diagrama de estratificación	11
Tabla 6. Matriz de coherencia	41
Tabla 7. Matriz de operacionalización de variables	47
Tabla 8. Demanda 2017	56
Tabla 9. Costo por tercerizar	57
Tabla 10. Costo por producción	57
Tabla 11. Equipos del área de producción	60
Tabla 12. Equipos por proceso	62
Tabla 13. Registro de Confiabilidad y Disponibilidad (Septiembre 2017)	65

Tabla 14. Registro de Confiabilidad y Disponibilidad (Octubre 2017)	66
Tabla 15. Registro de Confiabilidad y Disponibilidad (Noviembre 2017)	67
Tabla 16. Resultados de la Variable Independiente (antes)	68
Tabla 17. Registro de Eficiencia, Eficacia y productividad (Septiembre 2017)	69
Tabla 18. Registro de Eficiencia, Eficacia y productividad (Octubre 2017)	70
Tabla 19. Registro de Eficiencia, Eficacia y productividad (Noviembre 2017)	71
Tabla 20. Resultados de la Variable Dependiente (antes)	72
Tabla 21. Matriz de priorización de Soluciones	73
Tabla 22. Equipo de trabajo	76
Tabla 23. Codificación de equipos	78
Tabla 24. Ficha técnica cizalla de metal	82
Tabla 25. Ficha técnica Cortadora de metal	82
Tabla 26. Ficha técnica Dobladora de metal	83
Tabla 27. Ficha técnica Soldador Mig	83
Tabla 28. Ficha técnica Soldador Simple	84
Tabla 29. Ficha técnica Pulidora	84
Tabla 30. Ficha técnica Compresora	85
Tabla 31. Ficha técnica Taladro de Banco	85
Tabla 32. Ficha técnica Taladro	86
Tabla 33. Ficha técnica Amoladora de corte	86
Tabla 34. Ficha técnica generador	87
Tabla 35. Control mensual de equipos (Septiembre)	88
Tabla 36. Control mensual de equipos (Octubre)	88
Tabla 37. Control mensual de equipos (Noviembre)	89
Tabla 38. Total de fallas	89
Tabla 39. Criterio y partes de la matriz de objetivos	92
Tabla 40. Criterio y partes de la matriz de objetivos	92
Tabla 41. Matriz de objetivos	93
Tabla 42. Grado de severidad	103
Tabla 43. Grado de ocurrencia	103
Tabla 44. Grado de detección	104
Tabla 45. Prioridad NPR	104
Tabla 46. Matriz AMEF (AMOLADORA)	105
Tabla 47. Modos de Febrero	115
Tabla 48. Modos de Marzo	116
Tabla 49. Modos de Abril	116
Tabla 50. Total de fallas	117
Tabla 51. Registro de Confiabilidad y Disponibilidad (Febrero 2018)	119
Tabla 52. Registro de Confiabilidad y Disponibilidad (Marzo 2018)	120
Tabla 53. Registro de Confiabilidad y Disponibilidad (Abril 2018)	121

Tabla 54. Resultados de la Variable Independiente (Después)	122
Tabla 55. Registro de Eficiencia, Eficacia y productividad (Febrero 2018)	123
Tabla 56. Registro de Eficiencia, Eficacia y productividad (Marzo 2018)	124
Tabla 57. Registro de Eficiencia, Eficacia y productividad (Abril 2018)	125
Tabla 58. Resultados de la Variable Dependiente (Después)	126
Tabla 59. Resultados promedio	127
Tabla 60. Resultados Ahorro	128
Tabla 61. Resultados promedio de fallas	128
Tabla 62. Resultados tiempo medio	129
Tabla 63. Resultados promedio producción	129
Tabla 64. Sustento costo variable	132
Tabla 65. Sustento costos fijos	133
Tabla 66. Sustento gastos administrativos y venta	134
Tabla 67. Sustento depreciación	134
Tabla 68. Sustento Inversión inicial	135
Tabla 69. Sustento mantención de la implementación	135
Tabla 70. Flujo de caja antes	136
Tabla 71. Flujo de caja después	137
Tabla 72. VAN y TIR	139
Tabla 73. Comparación de la confiabilidad a traves del SPSS	141
Tabla 74. Comparación de la disponibilidad a traves del SPSS	143
Tabla 75. Comparación de la productividad atraves del SPSS	145
Tabla 75. Comparación de la eficiencia atraves del SPSS	147
Tabla 76. Comparación de la eficacia atraves del SPSS	149
Tabla 77. Prueba de Normalidad de la Productividad	151
Tabla 78. Contrastación de la Productividad	152
Tabla 79. Análisis de la significancia por T-Student de la Productividad	152
Tabla 80. Prueba de Normalidad de la Eficiencia	153
Tabla 81. Contrastación de la Eficiencia	154
Tabla 82. Análisis de la significancia por T-Student de la Eficiencia	155
Tabla 83. Prueba de Normalidad de la Eficacia	156
Tabla 84. Contrastación de la Eficacia	156
Tabla 85. Análisis de la significancia por Wilcoxon de la Eficacia	157

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. PIB corriente de E.E.U.U., China, Japón y Perú	2
Gráfico 2. Perspectivas de crecimiento para América Latina	3
Gráfico 3. Grafica de la matriz Vester	9
Gráfico 4. Graficación de Pareto con respecto a la baja productividad	11
Gráfico 5. Diagrama de ejecución	74
Gráfico 6. Fallas al mes	90
Gráfico 7. Fallas al mes	117
Gráfico 8. Comparación de la confiabilidad	142
Gráfico 9. Comparación de la disponibilidad	144
Gráfico 10. Comparación de la productividad	146
Gráfico 11. Comparación de la eficiencia	148
Gráfico 12. Comparación de la eficacia	150

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Carta de Presentación	170
Anexo 2. Definición Conceptual de la Variables y Dimensiones	171
Anexo 3. Matriz de Operacionalización de Variables	173
Anexo 4. Certificado de Validación del Instrumento de Medición	174
Anexo 5. Ficha del Turnitin	180
Anexo 6. Ficha de futuras programaciones	181
Anexo 7. Formato de capacitaciones	182

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para aumentar la productividad del área de producción de tableros de la empresa SERTES SAC. Tiene como objetivo principal el de brindar la aceptación de la mejora que trae consigo la implementación de dicho sistema; la cual ayudo a desarrollar una técnica de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) con el apoyo de los indicadores de confiabilidad, disponibilidad de igual manera eficiencia y eficacia para medir la productividad. La población utilizada es de los tableros producidos en un periodo de 12 semanas, bajo un diseño cuasi experimental del tipo aplicada ya que se determina la post implementación, con la técnica de observación y a través de instrumentos de medición se recolecto la información.

De igual forma la investigación se divide en 5 capítulos; el primero consiste en la introducción la cual toca la realidad problemática, antecedentes marco teórico y matriz de coherencia; el segundo capítulo es el método en el que se manifiesta el método de análisis, la matriz de operacionalización y el desarrollo de la propuesta de mejora; el tercer capítulo consiste en la realización del análisis descriptivo en donde compararan los resultados y en un análisis inferencial en la cual se realiza a través de un análisis estadístico en donde se comparan los datos del antes y después de la variable dependiente, productividad por medio de la prueba de normalidad y el estadígrafo de Wilcoxon para dar lugar a la aceptación de la hipótesis de investigación; el cuarto y quinto capítulo se encuentran las conclusiones y recomendaciones de la investigación en las cuales la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) trae consigo un ahorro de S/: 12,300.00 y un aumento de la productividad en un 20.75% como promedio para un periodo de 12 semanas.

Palabra clave: Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), Confiabilidad y Disponibilidad.

ABSTRACT

The objective of this research project is the implementation of reliability-centered maintenance (RCM) to increase the productivity of the panel production area of the SERTES SAC company. Its main objective is to provide acceptance of the improvement that comes with the implementation of this system; which helped to develop a maintenance technique focused on reliability (RCM) with the support of reliability indicators, availability in the same way efficiency and effectiveness to measure productivity. The population used is of the boards produced in a period of 12 weeks, under a quasi-experimental design of the applied type since the post implementation is determined, with the observation technique and through measurement instruments the information was collected.

In the same way, the investigation is divided into 5 chapters; the first consists of the introduction which touches the problematic reality, the theoretical framework antecedents and the coherence matrix; the second chapter is the method in which the method of analysis, the operationalization matrix and the development of the improvement proposal are manifested; The third chapter consists in carrying out the descriptive analysis in which they compare the results and in an inferential analysis in which it is carried out through a statistical analysis in which the before and after data of the dependent variable are compared, productivity by means of the normality test and the Wilcoxon statistician to give rise to the acceptance of the research hypothesis; The fourth and fifth chapters are the conclusions and recommendations of the research in which the implementation of maintenance centered on reliability (RCM) brings with it a saving of S /: 12,300.00 and an increase in productivity by 20.75% on average for a 12 week period.

Keyword: Maintenance focused on reliability (RCM), Reliability and Availability

INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

Desde el año 2000 Las compañías han ido creciendo considerablemente por ende PIB de cada país ha ido aumentando. Pero para continuar con este crecimiento los mercados debe innovar, ser flexibles y tener velocidad de respuesta ante la competencia y los cambios fluctuantes del mercado. Esta percepción de los negocios ha impulsado el desarrollo de los países que ahora lideran el mercado mundial. Claro ejemplo de esto tenemos a china, que aprovecho los bajos costos de la mano de obra, para convertirse en una potencia en lo que respecta a producción, gracias a esto su economía fue creciendo a una tasa media del 10% anual en los últimos años desplazo a Japón y en el 2016 llego a un PIB de 11,199 billones de dólares a comparación de Japón con 4,939 billones de dólares sin superar los 18,569 billones de dólares que tiene E.E.U.U de PIB.

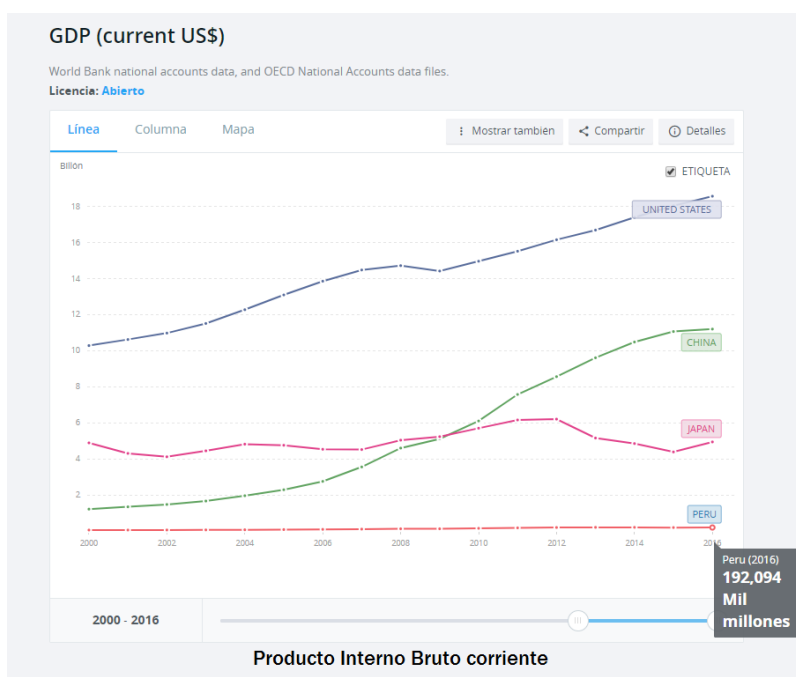


Gráfico 1. PIB corriente de E.E.U.U., China, Japón y Perú

Fuente: banco mundial 2016

“En lo que respecta a Latinoamérica su PIB se vio muy influenciado al repentino crecimiento económico chino, incrementando la demanda por materias primas, de acuerdo al Banco Mundial Latinoamérica creció 6.1% en 2010, 4.9% en 2011, 3.1% en 2012, 2.9% en 2013,

0.9% en 2014 y -0.5% en 2015, ciertamente influido por Brasil, Argentina y Venezuela. En 2015 la región cayó -1.3%, mientras que para este año se espera -0.5% para este 2016.” Banco Mundial (2015), América Latina recorre un estrecho camino al crecimiento.

La uniformidad del crecimiento económico chino con respecto al latinoamericano se puede decir que cuando China crece, del mismo modo lo hace Latinoamérica; de igual manera si crece menos. El motivo es por la demanda de materias primas que es un motor económico para impulsar las exportaciones, la inversión privada y los empleos, contribuyendo al crecimiento de los países latinoamericanos.

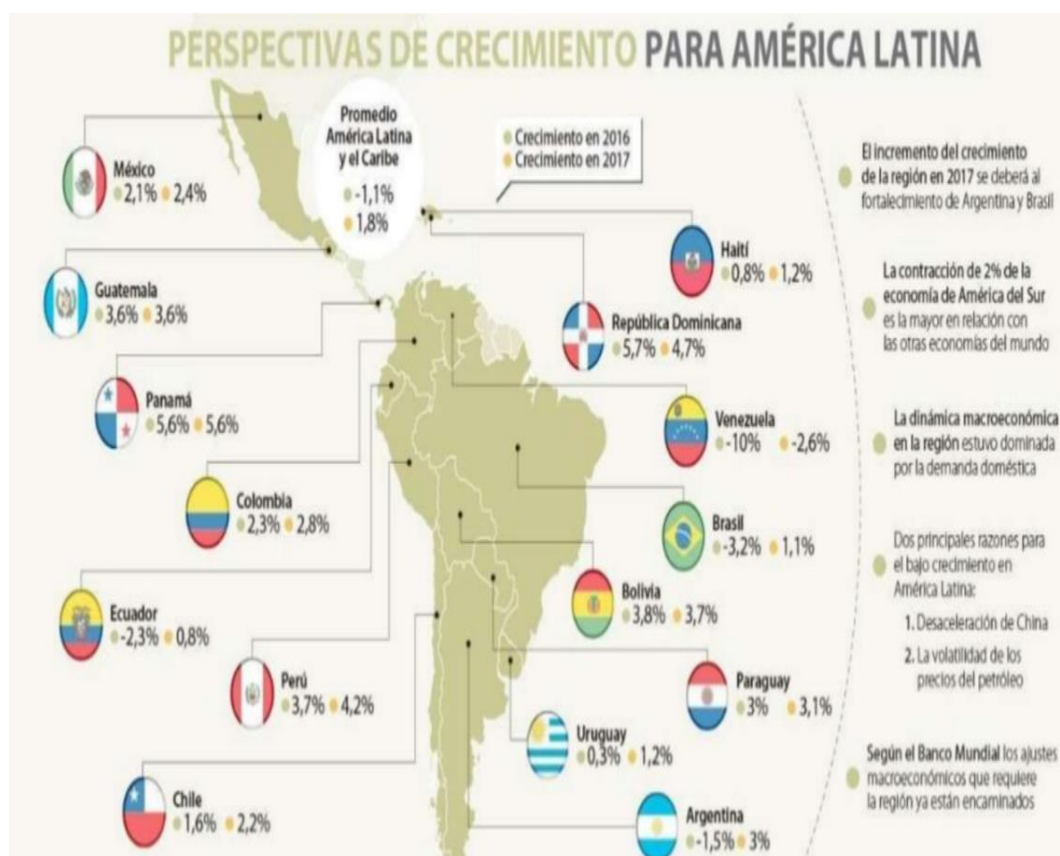


Gráfico 2. Perspectivas de crecimiento para América Latina

Fuente: banco mundial 2016

Para mantener este crecimiento las industrias dependen mucho de la demanda, la productividad y calidad de sus productos y servicios que también generan costos, pues para generar un bien o servicio se realiza una serie de operaciones o tareas que tienen un impacto directo o indirecto con la producción o servicio brindado por las empresas, entre ellos está el costo generado por mantenimiento que son muy importantes pues estos aseguran la fiabilidad de las máquinas y equipos que son indispensables para el cumplimiento de los tiempos de ejecución. La exhaustiva búsqueda de ventajas ante los competidores ha reflejado que un mal mantenimiento significa menos ingresos, más horas de mano de obra, insatisfacción y una menor calidad de los productos o servicios.

En lo que respecta a nuestro país la Cámara de Comercio de Lima (CCL) manifestó que durante el 2016 el Perú presentó la mayor tasa de crecimiento en productividad a nivel de América del Sur y México, en comparación con el 2015 subió un 2.2% superando así a todos los países latinoamericanos, en este contexto el economista y director ejecutivo del Instituto de Economía y Desarrollo Empresarial (IEDEP) de la CCL, César Peñaranda señaló “lograr un mayor crecimiento requerirá mejorar los niveles de educación, capacitación e instrucción de los trabajadores, así como una mayor inversión privada y la implementación de la reforma laboral.” La productividad en nuestro país es medido por el PBI.

Tabla 1. Producto bruto interno (Variación porcentual)

<p align="center">Cuadro N° 7 PERÚ: PRODUCTO BRUTO INTERNO (Variación porcentual del índice de volumen físico respecto al mismo período del año anterior) Año Base 2007=100</p>								
Actividad	2016/2015				2017/2016			
	I Trim.	II Trim.	I sem.	4 últimos Trim. 1/	I Trim.	II Trim.	I sem.	4 últimos Trim. 1/
Economía Total (PBI)	4,3	3,7	4,0	4,0	2,1	2,4	2,3	3,0
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	1,6	1,5	1,6	2,4	-0,8	1,1	0,4	1,1
Pesca y acuicultura	1,8	-56,1	-41,4	-22,3	37,7	128,7	88,5	63,8
Extracción de petróleo, gas y minerales	15,7	23,3	19,5	16,1	4,2	1,9	3,0	8,0
Manufactura	-2,8	-7,9	-5,4	-3,4	1,9	3,5	2,7	2,4
Electricidad, gas y agua	10,4	7,1	8,7	7,8	1,1	1,6	1,4	3,5
Construcción	2,0	0,8	1,4	-1,7	-5,3	-2,9	-4,1	-5,6
Comercio	2,8	2,3	2,6	3,4	0,1	0,9	0,5	0,8
Transporte, almacenamiento, correo y mensajería	3,9	3,2	3,5	3,2	2,5	2,4	2,5	2,9
Alojamiento y restaurantes	2,9	2,6	2,7	2,9	0,8	1,3	1,1	1,7
Telecomunicaciones y otros servicios de información	7,7	10,6	9,1	9,7	8,8	6,5	7,7	7,4
Servicios financieros, seguros y pensiones	8,6	6,8	7,7	8,5	-0,5	0,4	-0,1	1,5
Servicios prestados a las empresas	3,0	2,1	2,6	3,3	0,6	0,1	0,3	1,1
Administración pública y defensa	4,7	4,7	4,7	4,5	4,0	4,2	4,1	4,3
Otros servicios	4,3	4,2	4,3	4,3	3,4	3,6	3,5	3,7
Total Industrias (VAB)	4,6	3,9	4,3	4,2	2,0	2,4	2,2	3,0
Otros impuestos a los productos y DM	1,7	2,0	1,9	1,7	3,7	2,7	3,2	3,1

Fuente: INEI informe técnico N°3 2017

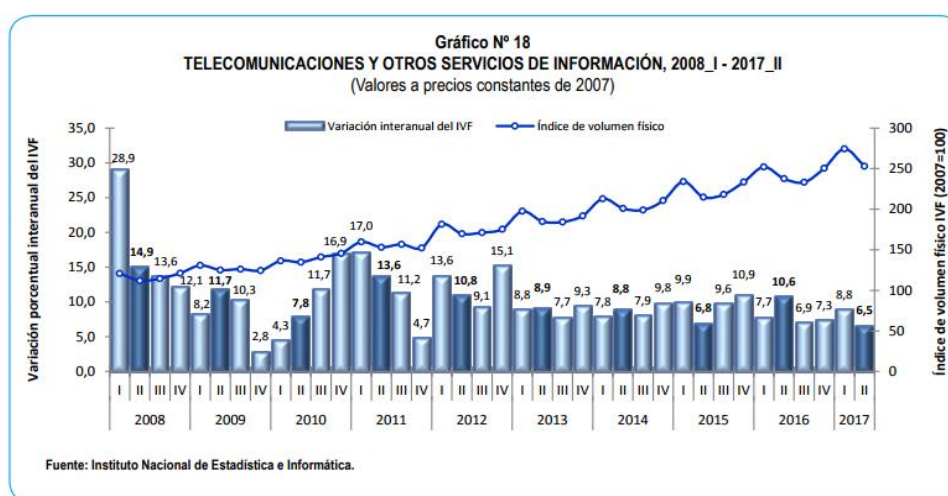
La empresa SERTES S.A.C. es una microempresa del sector de servicios, que inició operaciones en el año 2002 y realizando servicios de pintado, serigrafiado, mantenimiento e instalación de teléfonos públicos, luego con el crecimiento del mercado de telecomunicaciones encontró una oportunidad por explotar en el sector de la seguridad de tecnologías nuevas, dejando de lado su servicio inicial, pues con la llegada de los celulares, el mercado de los teléfonos públicos sufrió una considerable baja en su demanda. En este nuevo mercado expandieron sus servicios a seguridad de armarios elevados en la vía pública, armarios múltiples para cables de alta tensión y fibra óptica a nivel local en lima metropolitana e incursionando en licitaciones públicas, con el mismo rubro.

Tabla 2. Telecomunicaciones y otros servicios: valor agregado bruto

Cuadro N° 17
TELECOMUNICACIONES Y OTROS SERVICIOS DE INFORMACIÓN: VALOR AGREGADO BRUTO
(Variación porcentual del índice de volumen físico respecto al mismo periodo del año anterior)
Valores a precios constantes de 2007

Actividad	2016/2015				2017/2016			
	I Trim.	II Trim.	I sem.	4 últimos Trim.	I Trim.	II Trim.	I sem.	4 últimos Trim.
Telecomunicaciones y otros servicios de información	7,7	10,6	9,1	9,7	8,8	6,5	7,7	7,4
Telecomunicaciones	8,9	11,9	10,3	11,6	11,4	9,1	10,3	9,6
Otros servicios de información	3,6	5,8	4,6	2,7	-0,6	-3,7	-2,0	-1,1

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.



Fuente: INEI informe técnico N°3 2017

En la tabla N° 2 se aprecia como el mercado de las telecomunicaciones y otros servicios informáticos han tenido un constante incremento desde el año 2008 hasta el 2012 que coincide con el ingreso de nuevas tecnologías en las telecomunicaciones, pero a partir del 2013 se nivela el mercado con la entrada de nuevas operadoras y la oferta se vuelve más accesible, pero el volumen físico no deja de crecer.

ISHIKAWA DE 6 RAMAS

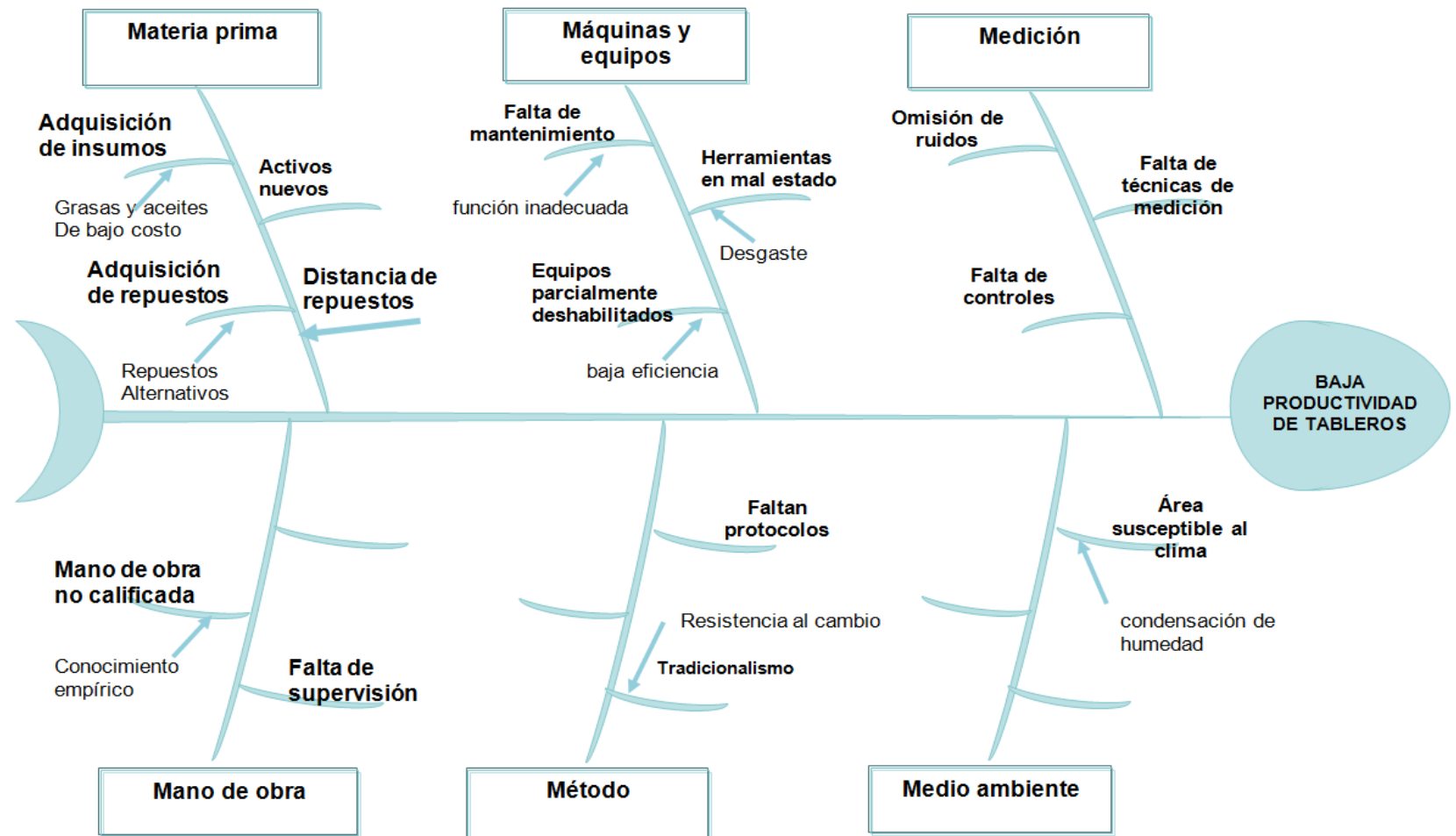


Figura 1. Diagrama de Ishikawa

Fuente: elaboración propia

El análisis del diagrama de Ishikawa, fue utilizado para determinar las causas de la baja productividad de tableros en el área de producción de la empresa SERTES SAC. Los cuales fue analizado en 6 ramas (mano de obra, método, medio ambiente, medición, máquina y equipos y materia prima) dando como causas más importantes todo lo relacionado a los equipos de producción y su mantenimiento, como también los insumos de baja calidad y repuestos alternativos utilizados.

Para explicar el origen de los datos a utilizarse en el diagrama de Pareto, ingresaremos las causas halladas en el diagrama de Ishikawa para obtener ponderaciones a través del método de Vester y a su vez identificar la criticidad de las causas.

Tabla 3. Matriz Vester

MATRIZ DE VESTER PARA LA PRIORIZACIÓN DE PROBLEMAS																		
N°	Causas de la baja productividad de tableros	Adquisición de insumos	Activos nuevos	Adquisición de repuestos	Falta de mant.	Herramientas en mal estado	Equipos parc. deshabilitados	Omisión de ruidos	Falta de tec. medición	Falta de controles	Mano de obra no calificada	Falta de supervisión	Falta de protocolos	Tradicionalismo	Área susceptible al clima	Distancia de repuestos	TOTAL DE PASIVOS	CALIFICACIÓN
P1	Adquisición de insumos		2	2	1	1	2	1	1	1	2	1	0	1	1	0	16	10.5%
P2	Activos nuevos	0		0	2	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0	6	3.9%
P3	Adquisición de repuestos	1	1		2	2	2	2	2	0	0	0	1	2	0	0	15	9.8%
P4	Falta de mantenimiento	3	3	3		3	3	2	1	1	0	0	1	2	1	1	24	15.7%
P5	Herramientas en mal estado	1	3	1	2		1	0	1	0	0	0	0	2	1	0	12	7.8%
P6	Equipos parc. deshabilitados	2	2	1	2	2		1	0	1	0	0	0	1	0	0	12	7.8%
P7	Omisión de ruidos	2	0	0	1	1	0		0	0	0	0	0	1	0	0	5	3.3%
P8	Falta de tec. medición	0	0	0	1	0	1	0		1	1	0	1	1	0	0	6	3.9%
P9	Falta de controles	1	0	1	1	1	1	0	1		0	0	0	1	0	0	7	4.6%
P10	Mano de obra no calificada	0	0	0	1	1	0	1	1	0		0	0	1	0	0	5	3.3%
P11	Falta de supervisión	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1		1	3	1	1	10	6.5%
P12	Falta de protocolos	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1		2	0	0	6	3.95%
P13	Tradicionalismo	2	2	2	3	2	2	1	1	1	0	0	0		0	1	17	11.2%
P14	Área susceptible al clima	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	1		1	6	3.9%
P15	distancia	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0	1	0	1	0		6	3.9%
TOTALES DE ACTIVOS		12	13	10	18	17	14	13	9	7	4	3	5	20	4	4	153	100%

Fuente: elaboración propia

En la matriz se enfrentó los problemas entre si basándose en el criterio de evaluación o

ponderación de 0, 1, 2 y 3.

0 no lo causa

1 causalidad muy débil

2 causalidad media

3 causalidad fuerte

Con el desarrollo de la matriz, se grafica el problema utilizando los ejes X y Y de manera que los totales de Activos y Pasivos formen una coordenada para poder clasificar la criticidad y por ende la priorización de los problemas.

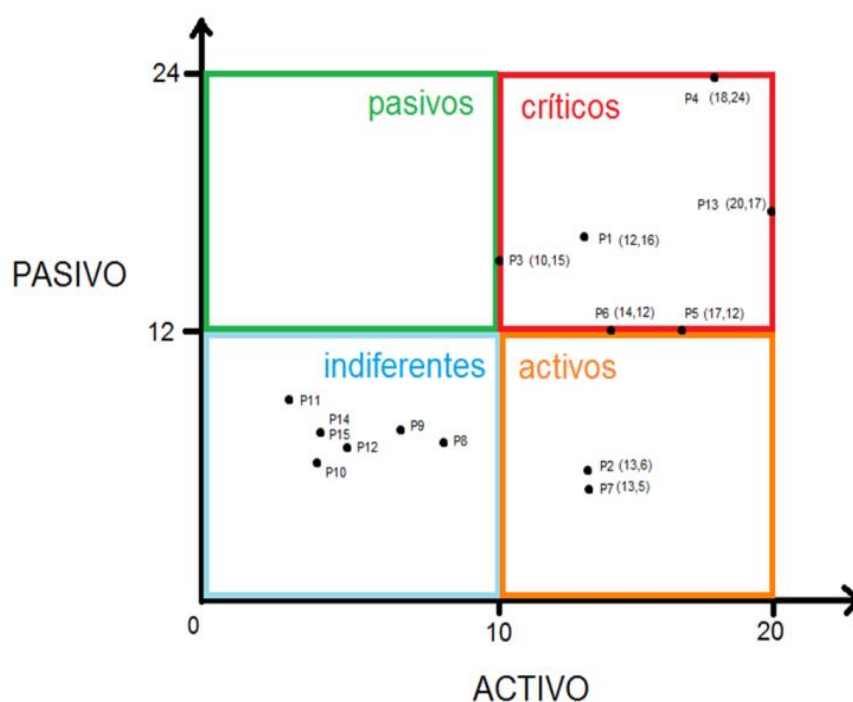


Gráfico 3. Grafica de la matriz Vester

Fuente: creación propia

La graficación de la matriz, dieron como resultado que los problemas críticos son P4 (18,24) falta de mantenimiento, P13 (20,17) tradicionalismo, P1 (12,16) adquisición de insumos, P3 (10,15) adquisición de repuestos, P5 (17,12) herramientas en mal estado y P6 (14,12) equipos parcialmente deshabilitados siendo estos la prioridad para la búsqueda de una solución. Una vez obtenido las calificaciones se utilizaran como puntaje en el método de

Pareto, para corroborar la información obtenida en la matriz Vester de las causas críticas

A continuación utilizaremos los datos obtenidos de la matriz de priorización de problemas (Matriz Vester) para operar el análisis Pareto.

Tabla 4. Datos del análisis Pareto

	CAUSAS	FRECUENCIA	%TOTAL	%ACUMULADO
1	falta de mantenimiento	15.7	15.7	15.7
2	tradicionalismo	11.2	11.2	26.9
3	adquisición de insumos	10.5	10.5	37.4
4	adquisición de repuestos	9.8	9.8	47.2
5	herramientas en mal estado	7.8	7.8	55
6	equipos parcialmente deshabilitados	7.8	7.8	62.8
7	falta de supervisión	6.5	6.5	69.3
8	falta de controles	4.6	4.6	73.9
9	activos nuevos	3.9	3.9	77.8
10	falta de técnicas de medición	3.9	3.9	81.7
11	falta de protocolos	3.9	3.9	85.6
12	área susceptible al clima	3.9	3.9	89.5
13	distancia de repuestos	3.9	3.9	93.4
14	omisión de ruidos	3.3	3.3	96.7
15	mano de obra no calificada	3.3	3.3	100
		100	100	

Fuente: elaboración propia

Los datos obtenidos en la matriz de priorización de problemas (matriz Vester) fueron utilizados y operados de tal manera que se obtuvo una referencia a la frecuencia de los problemas, un total y un acumulado. Datos que se ordenaron de mayor a menor para poder graficarlos.

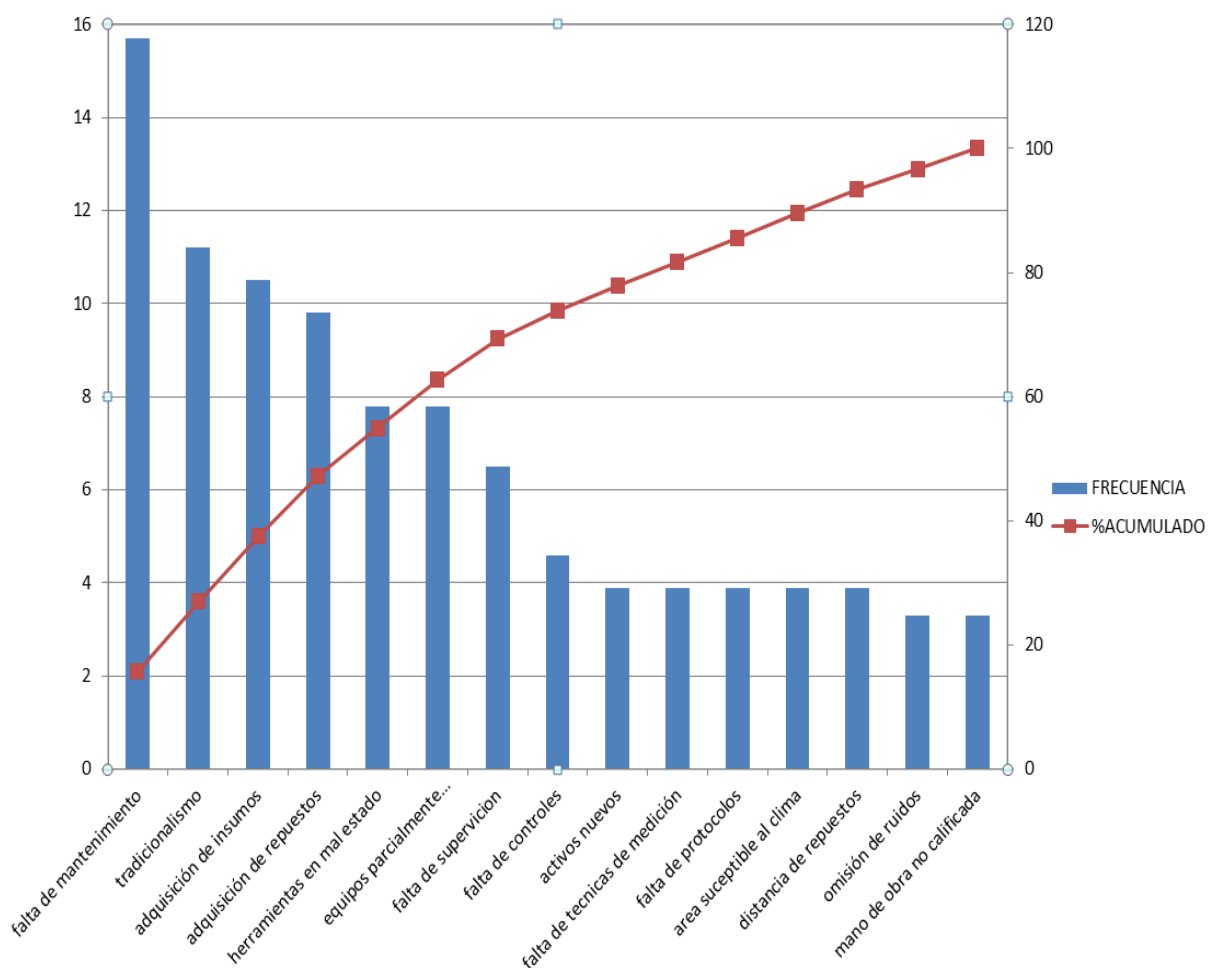


Gráfico 4. Graficación de Pareto con respecto a la baja productividad

Fuente: elaboración propia

El análisis de Pareto da constancia que la problemática principal de la baja productividad de tableros en el área de producción se debe a 15 problemas de los cuales el 80% del total son 9 causas principales que a la vez coinciden con 6 problemas críticos identificados en la matriz de priorización de problemas (Matriz Vester) que son: la falta de mantenimiento, tradicionalismo, adquisición de insumos, adquisición de repuestos, herramientas en mal estado y equipos parcialmente deshabilitados.

Tabla 5. Diagrama de estratificación

Baja productividad en el área de producción de tableros		criterio		
		operativo	logístico	administrativo
1	falta de mantenimiento	I		
2	tradicionalismo	I		
3	adquisición de insumos		I	
4	adquisición de repuestos		I	
5	herramientas en mal estado	I		
6	equipos parcialmente deshabilitados	I		
7	falta de supervisión			I
8	falta de controles			I
9	activos nuevos		I	
10	falta de técnicas de medición	I		
11	falta de protocolos			I
12	área susceptible al clima	I		
13	distancia de repuestos		I	
14	omisión de ruidos	I		
15	mano de obra no calificada	I		
TOTAL		8	4	3

Fuente: elaboración propia

Las causas encontradas fueron analizadas y clasificadas según su naturaleza por el gerente de la empresa y el responsable del área de producción; determinando de esta manera que la mayoría de los problema son de naturaleza operativa.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

ALBAN, Nery. Implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad de las maquinarias en la empresa Construcciones Reyes S.R.L. para incrementar la productividad. Tesis (Ingeniero Industrial). Chiclayo, Perú: Universidad católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2017.

La principal intención fue de implementar un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad; ya que nace por la necesidad de dar una solución a las continuas fallas y averías por consecuencia de un deficiente plan de mantenimiento que generan costos, tiempo perdido y acorta la vida útil de los equipos que son exigidos a funcionar aun con fallas.

La empresa Construcciones Reyes S.R.L. realiza trabajos de metalmecánica, muchos de ellos son piezas y elementos para trabajos de perforación es decir los materiales que utilizan exigen que las maquinas estén en óptimas condiciones, pues son equipos sometidos a grandes esfuerzos como son: cepillos, tornos fresas, taladros. Amoladoras, esmeril, etc. Varias de las maquinas ya nombradas presentan fallos en sus componentes ya sea por desgaste o por falta de mantenimiento. Teniendo esto presente se inició la investigación identificando los puntos críticos y priorizando la causa de las fallas en las maquinas, analizando los costos en relaciona su productividad, como siguiente paso se elaboró el plan de procedimientos para el mantenimiento preventivo, enfocado en confiabilidad de todos los equipos críticos, se implementó el plan reduciendo los tiempos de paradas que se vio reflejado en un aumento del 4% en la productividad, finalizando con un análisis de costo-beneficio del plan de mantenimiento implantado, viéndose reflejado en el aumento de la productividad por cada sol invertido.

CORDOVA, Carlos. Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) a los hornos convertidores Peirce Smih de la fundición de cobre de Southern Perú Copper Corporation. Tesis (ingeniero mecánico). Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2015.

El entregable de este proyecto es el estudio efectivo de estrategias y la ideología del RCM (reliability centered maintenance), pues los diversos estudios realizados expuestos en

simulaciones han arrojado como resultado la necesidad de aumentar la confiabilidad de los hornos convertidores a causa de la actual distribución de toda la planta.

La minera Southern Perú es el principal productor de cobre del país que tiene su planta de fundición en Toquepala Tacna, y para mantenerse como principal productor del país, necesita aumentar la disponibilidad de los hornos convertidores. Partiendo de un análisis situacional y un análisis de antecedentes para dictar las pautas necesarias para el cumplimiento del pronóstico de disponibilidad para el próximo año. Se continuó con la implantación de RCM, dividiéndola en 5 partes: selección del grupo de trabajo, se define alcances y objetivos, se realiza análisis de modos y efectos de fallos, se procede con la evaluación de los procedimientos a ser utilizados y finalizando con un plan de mantenimiento. Evidenciando un incremento en la confiabilidad de los hornos convertidores del 1.5% a finales del año 2005.

Mg. ZAGUIRRE, Ricardo. Propuesta para mejorar la planificación y programación del mantenimiento aplicado a la empresa siderúrgica del Perú. Tesis (Doctorado en Dirección y Administración de Empresas). Trujillo, Peru. Universidad Privada Antenor Orrego, 2014.

La principal intención fue desarrollar y adaptar un prototipo de administración de recursos empresariales, para obtener una óptima gestión del mantenimiento en una empresa siderúrgica, demostrar lo sencillo que es seguirlo y por último mediante indicadores medir la productividad, eficiencia y calidad.

La aplicación de un modelo de planificación de recursos parte por la necesidad de generar ventajas competitivas, tomando como elementos bases los recursos humanos y la sinergia entre áreas y compañeros, identificando los indicadores de productividad, eficiencia y calidad a utilizar. La siguiente etapa fue aplicar modelos de administración que sea de carácter administrativo, inculcando hábitos de mantenimiento incentivando a obtener protagonismo en las tareas a realizarse, tanto de los trabajadores como de las empresas relacionadas al rubro del mantenimiento, estimular el perfeccionamiento de sus procesos mediante el uso de nuevas tecnologías que ayuden a la predicción como lo son los software que han tomado gran importancia en el contexto mundial, pues estas herramientas buscan unificar las áreas, siendo más preciso en la coordinación de las necesidades y futuras necesidades, en este caso el mantenimiento y todos sus derivados.

Teniendo como resultado la integración de variados conceptos y herramientas que ayudaran al

diseño de nuevos procesos en la gestión del mantenimiento de la empresa generando ventajas competitivas, que claramente se verán reflejadas en los indicadores.

RODRIGUES, Miguel. Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima, Perú: Universidad Privada del Norte, 2013.

El objetivo de esta investigación es de optimizar el mantenimiento centrado en mantenibilidad de los diversos equipos de acarreo de una minera, incrementando la productividad y disposición de los equipos de acarreo, implementando un método de evaluación que genere una retroalimentación de los procedimientos involucrados en el mantenimiento propuesto.

El área de mantenimiento cumple una función esencial en las operaciones de abastecimiento de materia prima de la minera, puesto que de ella depende la disponibilidad de equipos de acarreo. Por ello luego de un análisis del mantenimiento actual y sus procesos relacionados con el costo, se propuso los objetivos generales y específicos alineados con la mantenibilidad de equipos reforzados por un análisis FODA y un análisis costo beneficios por cada estrategia propuesta. Se definieron los procesos para las tareas propuestas con sus respectivos indicadores y estrategias para llegar a incrementar cada indicador. Por último se realizó un pronóstico en el cual se comparó la mantenibilidad actual y la disminución de los costos en el área de mantenimiento, reflejando un incremento en la disponibilidad de 20% y disminución del 5% de los costos.

ESPEJO, Cristian y ESPEJO, Juan. Implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad en una maltería. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima, Perú: Universidad Privada del Norte, 2016.

Esta investigación consta de los pasos a seguir para lograr la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad en una planta de producción de cerveza, aumentando la confiabilidad de esta misma generando programas de mantenimiento productivo y predictivo.

Debido a la alta demanda de cerveza en el mercado nacional la planta de malta necesita operar en condiciones ideales para evitar costos por fallos y paros repentinos, por ello la investigación inicia identificando modos de falla, secuelas y derivaciones. Enfocándolos en

sus detalles, separando los más irrelevantes de los que tiene mayor importancia en la producción de malta. Una vez se obtuvo los equipos críticos fueron confrontados con los objetivos generales y específicos de la investigación, se realizó el plan de mantenimiento de los equipos y que estén centrados en la confiabilidad de dos equipos críticos de los cuales se obtuvieron indicadores del estado actual para ser comparados luego de la implementación, luego se aplicó el RCM en los equipos críticos citados. Por último las nuevas tareas serán evaluadas para obtener sus tiempos y se comparó los indicadores para ver los nuevos resultados antes los costos generados por la implementación.

ROJAS, José. Propuesta de diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para una empresa de servicios de elevación de Lima. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima, Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2014.

Establecer un sistema de gestión de mantenimiento que vele por conservar y alargar la vida útil de los activos, bajo una serie de estándares de calidad. Con la finalidad de preservar los equipos y máquinas que se ven involucradas en el servicio que da la empresa y a la vez asegurar la disminución de costos de mantenimiento que en meses anteriores se consideró una pérdida económica eludible.

En presente trabajo implementa se enfoca en una empresa del rubro de servicios con más de 5 años de experiencia en el mercado de elevación, que consiste en venta, mantenimiento, instalación, asesoramiento de elevadores de carga y personas, escaleras eléctricas grúas y montacargas. Para iniciar la investigación se realizó un análisis de causas apoyado por un diagrama de árbol, que ayudó a la obtención de un plan estratégico que vaya acorde con la matriz FODA, de la misma manera se utilizó la herramienta estratégica cadena de valor para analizar las actividades e identificar sus desventajas. Por consiguiente se propuso una lista de tareas que responderían operaciones de mantenimiento, creación de protocolos, una gestión con tiempos precisos que cumplan con los requerimientos de calidad sin afectar los costos, indicadores que evaluarán el desempeño de las actividades y servicios, todo lo anteriormente mencionado se realizara mediante el PEVA (método de solución de problemas) que se basa en el mejoramiento continuo usando el ciclo de planear, hacer, verificar y actuar.

PÉREZ, Edgar. Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para una paletizadora de sacos de cemento. Tesis (Ingeniero Mecánico). Puerto de la Cruz, Venezuela: Universidad de Oriente, 2013.

El objetivo de la investigación es de diseñar un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para los equipos del sistema paletizador de la planta Cemex, y aumentar la confiabilidad de los equipos alargando la vida útil de los mismos con el mínimo costo, sin perder la calidad de su trabajo.

Para dar comienzo al nuevo boceto del plan a proponer de mantenimiento se procedió a realizar un análisis situacional actual de la paletizadora, también se tomó en cuenta el plan de mantenimiento actual, los antecedentes de falla y características del equipo. Se operó la matriz de impacto esfuerzo para obtener la criticidad de los elementos y sistemas involucrados, se continuo con evaluar la criticidad y estimar los recursos que serán destinados para cada sistema; a estas propuestas se le realizó un análisis AMEF para determinar las fallas con el impacto de estas, se evaluó los resultados y se procesaron en un árbol de decisiones lógicas. Se obtuvo una serie de tareas las cuales tenían q ser implantados en los procesos observando q el 88% de ellas eran preventivas y el resto correctivas. Por último se recalculo los indicadores teniendo una disminución en los costos y un aumento de disponibilidad como de la confiabilidad del equipo empaletizador.

CÓRDOBA, Roberto. Diseño de un programa de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM para el área de empaque de la empresa Laboratorios Stein. Tesis (Lic. Ingeniero de Mantenimiento Industrial) Cartago, Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica, 2016.

El fin de la presente investigación es diseñar un nuevo plan de mantenimiento apoyado en la metodología RCM apoyándose en el juicio y pro actividad de los trabajadores de la empresa responsables de cada operación para generar un manual de mantenimiento e identificar la operación que genere mayores costos por temas de mantenimiento.

La empresa Laboratorios Stein Corp. Se dedica a la comercialización y producción de insumos médicos para consumo humano, se procedió a realizar un análisis Ishikawa y Pareto el cual arrojó como resultado que el 80% del tiempo perdido en la producción son debido a tareas de mantenimiento. Conociendo el estado actual de los equipos, se realizó la aplicación

de la metodología RCM para identificar los modos de fallo por cada equipo involucrado, de esta manera se propuso soluciones mediante un juicio de expertos y la participación de los propios operarios. Con esta información se relacionó las actividades a realizar con la viabilidad que sean realizadas para gestionar un manual de mantenimiento preventivo. Por ultimo al implementar estas nuevas tareas se evidencio ganancias económicas, mejoras en los indicadores y el incremento de la utilidad del departamento.

ROA, José y GOMEZ, José. Optimización del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para los equipos rotativos en la planta Aromáticos de la GRB de Ecopetrol. Tesis (especialista en evaluación y gerencia de proyectos). Barrancabermeja, Colombia: Universidad Industrial de Santander, 2014.

El entregable de la presenta investigación fue realizado con el fin de optimizar el plan actual de mantenimiento centrado en confiabilidad de los equipos rotativos, aumentando las disponibilidad de los equipos logrando así el cumplimiento de metas atribuidas al área de mantenimiento, debido a diferentes factores como los más resaltantes tecnológicos y organizacionales que han aumentado la productividad pero no se actualizo el plan de mantenimiento acorde a la nueva realidad.

Debido a la alta demanda de hidrocarburos en Colombia, la planta Aromaticos con el fin de aumentar la disponibilidad de sus equipos fue implementando tecnologías que aportaría a una mejora en los indicadores, pero no se realizó la debida corrección o adaptación del plan de mantenimiento actual, dejando vacíos en sus procesos de mantenimiento, por ello se optó por optimizar el ya mencionado plan basado en la ideología RCM, iniciando con un análisis situacional de todos los sistemas de la planta y los elementos de mayor importancia en la planta, se utilizó la actual metodología (RCM) para evaluar la criticidad de las mismas, también se tomó en cuenta las horas extras generadas y los tipo de fallo q generan paros repentinos. Se continuó realizando un análisis de modos y efectos de falla, el cual fue respaldado por un árbol lógico de decisiones. Se diagnostican las medidas preventivas a toma, para finalmente obtener una serie de mejoras y modificaciones que reflejaran la optimización deseada.

POVEDA, Alejandro. Aplicación de la metodología RCM para el desarrollo del plan de

mantenimiento del sistema de llenado automático de botellas de GLP. Tesis (Ingeniero Mecánico) Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica Del Litoral, 2013.

El principal objetivo de la investigación es de delinear los procedimientos a realizar para la puesta en marcha de un mantenimiento apoyado en la confiabilidad, que abarca el sistema de llenado de botellas de GLP exponiendo un modelo de cómo aplicar la metodología RCM.

La importancia del consumo del GLP en los hogares ecuatorianos ciertamente responde a una gran demanda pues llega a la mayoría de hogares, por ello cerciorarse que los procedimientos de mantenimiento sean idóneos para su funcionamiento y que cumpla con los niveles de seguridad requeridos para no generar costos extras. Entonces una vez entendido el contexto del servicio y el contexto operacional, se revisó los antecedentes para poder analizar los posibles modos de fallo en los sistemas de entrada, se procedió a evaluar la criticidad de cada componente o elemento y la probabilidad de que presenten averías por desgaste o contaminación, se profundizó en las causas que las generan mediante la metodología RCM para dividirlo por niveles y asegurar la creación de estrategias que permitan disminuir los costos por mantenimiento y a la vez mitigar los fallos.

GARCÍA, Félix y REDROBAN, Cristian. Propuesta en marcha y mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) del caldero piro-tubular de la facultad de mecánica. Tesis (Ingeniero de Mantenimiento). Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2015.

El objetivo principal de esta investigación es de habilitar un caldero de vapor utilizando la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) que proporcionara políticas de mantenimiento superiores que garanticen la fiabilidad, siguiendo los estándares requeridos que aseguren la calidad en cada proceso. Y a su vez brindar un objeto de estudio que permita innovar paulatinamente técnicas de mantenimiento.

La presente investigación fue realizada en la facultad de ingeniería mecánica la cual tiene un caldero piro-tubular que se encuentra fuera de funcionamiento debido a un incorrecto plan mantenimiento utilizado por años. Se inició el estudio realizando un análisis situacional del mismo de forma cualitativa y cuantitativa para conocer el estado actual de todos los componentes y sistemas involucrados; en esta parte es donde el RCM toma una vital participación puesto que esta herramienta se enfoca en la fiabilidad subdividiendo las causas por niveles, abarcando de esta forma todos los sistemas involucrados en el funcionamiento

previniendo fallos y siguiendo los alineamientos de seguridad y calidad en el proceso. Luego de trabajar en el caldero en sí y en todos los sub sistemas que están involucrados se prosiguió a formular un plan de mantenimiento acorde para el activo.

ROJAS, Randall. Plan para la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para plantas de concreto en proyectos del ICE. Tesis (Ingeniero Mecánico) San José, Costa Rica: Universidad para la cooperación Internacional, 2013.

El fin de esta investigación busca diseñar un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) en las plantas de concreto, puesto que estas ven sus elementos muy expuestos por el tipo de material que procesan, que optimice los procedimientos de mantenimiento, que aumente la confiabilidad para evitar fallas que generen costos adicionales por el paro inesperado de la planta.

La primer parte del plan parte de entender la necesidad creciente de aumentar la fiabilidad de la planta de concreto la cual abastece a un proyecto de gran envergadura como lo es la construcción de una central hidroeléctrica. El plan actual de mantenimiento es muy genérico y no responde a la complejidad de la planta y sus sistemas, por consiguiente se forman equipos de trabajo integrado por técnicos y especialistas en el tema que se encargaran de la recopilación de información (registros, stock, flujogramas, manuales y juicio de expertos). La segunda parte del proceso consta de evaluar el riesgo de cada componente o sistema analizando sus modos de falla y proponiendo soluciones a las causas; Se prosiguió a gestionar los tiempos y recursos humanos obteniendo el tiempo apropiado para cada tarea. Por último la investigación produjo un manual de RCM con todas las pautas y consideraciones que son necesarias para el cumplimiento de los alcances de la investigación.

GONZALES, Gardella. Mejora de metodología RCM a partir del AMFEC e implantación de mantenimiento preventivo y predictivo en plantas de procesos. Tesis doctoral (Ingeniería de Mantenimiento) Valencia, España: Universidad Politécnica de València, 2010.

La investigación expone las proposiciones básicas que se consideran en la elaboración de un mantenimiento preventivo y predictivo. El aporte de este proyecto de tesis es de personalizar la metodología del RCM utilizando los elementos íntimos como son los modos de falla y la división por subsistemas e implantar un sistema de gestión técnica y económica de activos.

La tesis trabaja el lado operacional de la metodología, en la forma como se procesa la información y resultados, basándose en la obra de John Moubray que parte de 7 preguntas que nos realizamos para la implantación del RCM, entre ellos está la forma como evalúan la criticidad de los equipos, denotando oportunidades para innovaciones por la cantidad de variables que se dejan de lado puesto que los indicadores de gestión se ven involucrados, estos pueden llegar a ser muy amplios y complejos, pero eh aquí la oportunidad de obtener indicadores de criticidad y gestión acorde al tipo de proceso, material y equipo a mantener.

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

Para un mejor entendimiento de los temas y menciones en la problemática y trabajos previos, se citara diferentes teorías relacionadas a la variable independiente y dependiente

1.3.1 Sistemas de mantenimiento

De acuerdo a muchos investigadores o expertos en temas de sistemas de mantenimiento, los conceptos de mantenimiento han sido muy variados pero todas convergen en que son políticas, estrategias o filosofías, métodos y distintos tipos de mantenimiento. (Moubray, 2004, p. 34).

Se ha reconocido como sistemas de mantenimiento a los siguientes:

- sistema controlado mediante la supervisión en la producción
- sistema regulado
- sistema por interrupción en la producción o contra avería
- sistema inspectivo, predictivo o por diagnóstico
- sistema de mantenimiento Preventivo Planificado (MPP).

También es conocido en la industria cubana, el Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM) como un sistema integrador de varios de los sistemas tradicionales.” (Quijano, 2004, p. 37).

Actualmente uno de los mayores retos para las personas encargadas en temas de mantenimiento no es sólo aprender todas las técnicas existentes, sino identificar cuáles son las adecuadas para aplicar en su propia organización y cuáles no, tanto desde el punto de vista técnico como económico.

1.3.2 Evolución del mantenimiento

El mantenimiento tomo importancia a partir de la revolución industrial, puesto que antes hablar de mantenimiento se reducía al mantenimiento correctivo y un muy básico preventivo (lubricación). Con el pasar del tiempo y la producción masiva como prioridad, fue surgiendo la necesidad de evitar paradas y averías de los equipos.

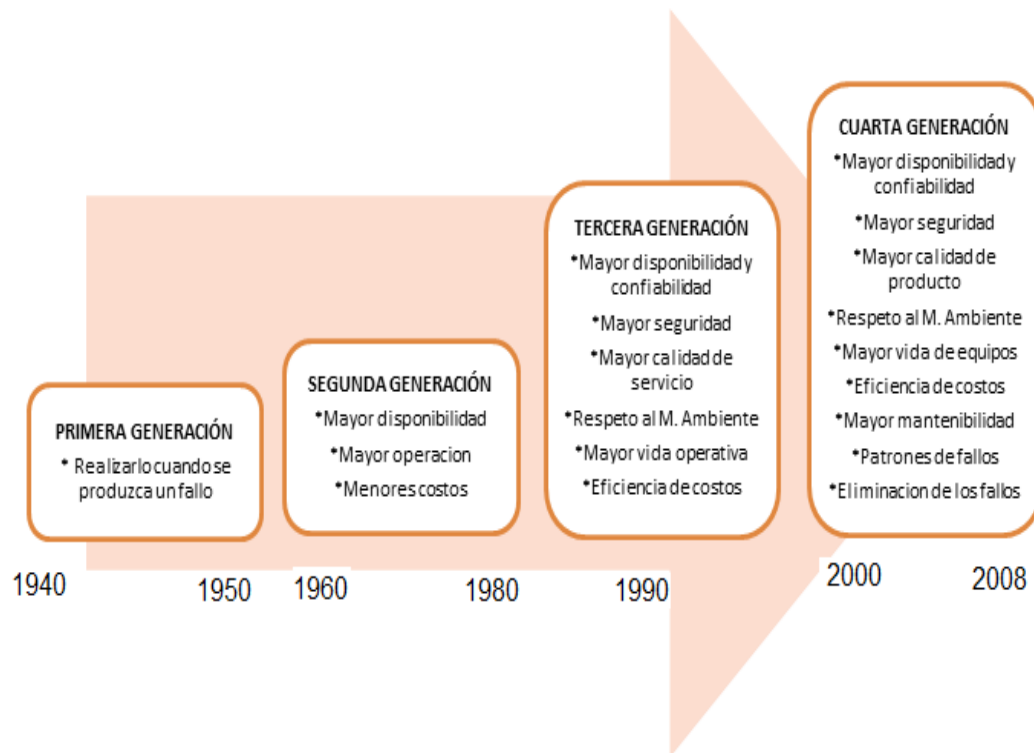


Figura 2. Evolución de las expectativas del mantenimiento

Fuente: Gonzales Fernández, 2007, p.27

La evolución de del mantenimiento, fue tomando cada vez un enfoque analítico, no tan solo abarcar el mantenimiento preventivo si no el predictivo y a la vez una serie de pautas generales para alargar la vida útil de los equipos, la confiabilidad, disponibilidad y seguridad. Surgiendo diversas técnicas de análisis con diferentes enfoques que pueden ser utilizados en cada tipo de industria.

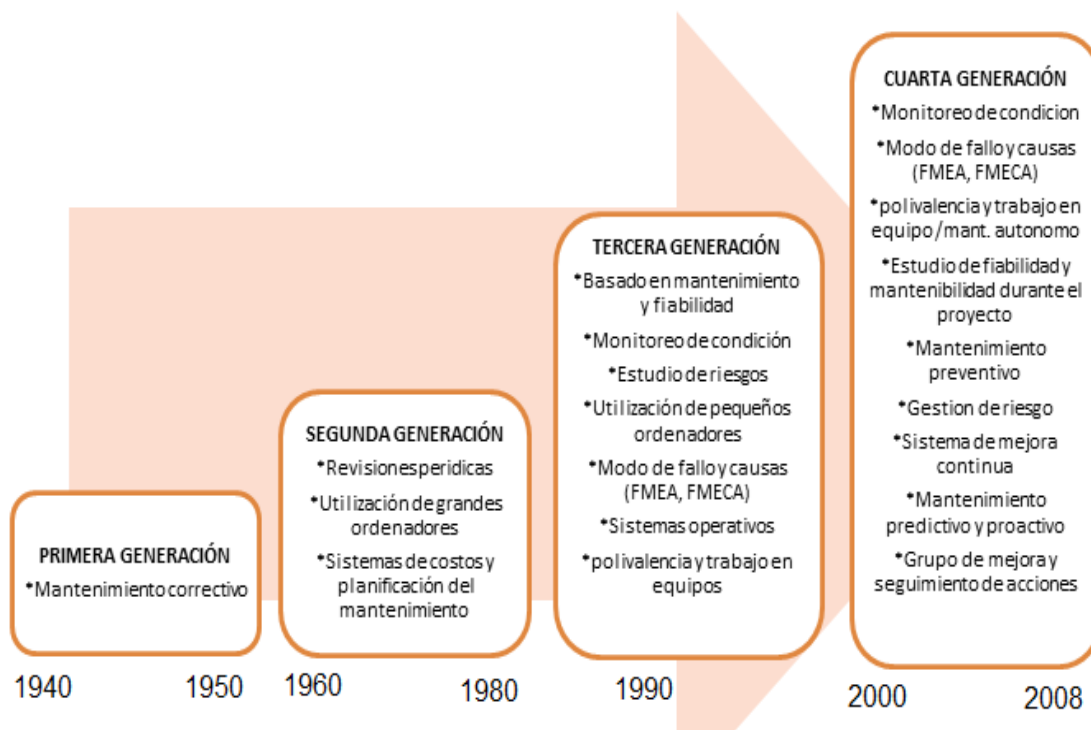


Figura 3. Evolución de las técnicas de mantenimiento

Fuente: Gonzales Fernández, 2007, p.27

Primera generación

La primera generación está comprendida hasta fines de la segunda guerra mundial. Puesto que las industrias en esa época no tenían procesos muy mecanizados, gran parte del proceso era de forma manufacturada, no le prestaban la debida importancia cuando las máquinas y equipos se detenían, generando tiempos muertos. Proveer las fallas de los equipos no estaba considerado como una función importante para los administradores o encargados, puesto que también los equipos eran muy grandes, con un mecanismo simple con tareas de mantenimiento mínimas; generando las bases que se utilizaran para el mantenimiento correctivo o reactivo. (Quijano, 2004, p. 38).

Inicios del mantenimiento correctivo o reactivo

Las características mencionadas en la primera generación, generaban confianza y una sencillez en los procesos para su reparación, dando como consecuencia una falta de

mantenimiento programado o sistemático, iniciando así una práctica de mantenimiento basada en limpieza y lubricación. Sus características más resaltantes son:

Equipos corpulentos, sobredimensionados, sencillos.

Problema principal el desgaste de piezas.

Falta de automatismo de la industria.

Falta de interés por los tiempos de para de un equipo.

Prever fallas no era una función importante, se limitaban al mantenimiento correctivo.

No se requería un mantenimiento sistemático.

Capacidad de producción baja. (Mora, 2004, p. 33).

Segunda generación

A consecuencia del inicio de la segunda guerra mundial, la demanda de muchos productos aumento y en sentido contrario la cantidad de trabajadores para las funciones de producción industrial comenzaban a escasear, las industrias comenzaron a remplazar puestos por máquinas y equipos que realizaran esas funciones, iniciando así el aumento de la mecanización. A inicios de los años 50 habia un incremento sobre la proporción y la complejidad de estos equipos y maquinas creando asi la dependencia en algunas áreas para realizar tareas específicas. A consecuencia de esto se comenzó a prestar un mayor interés a los tiempos de parada y las causas que generaban las fallas, creando asi conciencia de prevención originando el pensamiento de mantenimiento preventivo.” (Gonzalez, 2015, p. 45).

Mantenimiento preventivo

A partir de los años 50- 60 se comenzó a tomar importancia a los costos y recursos utilizados para la realización del mantenimiento, introduciendo técnicas de análisis que permitían identificar qué acciones generaban sobre costos y que acciones correctivas o de remplazo se podían utilizar para minimizar dichos costos.

Según Mora:

A inicios de los años 60 se comenzó a programar el mantenimiento a mayor escala incluyendo las reparaciones con tiempos preestablecidos para el tipo de equipo, a consecuencia de esto los costos de mantenimiento comenzaron a incrementarse en correspondencia con los costos operacionales. Llevando a un desarrollo de los métodos

de planeamiento y control del mantenimiento, aportando un dominio de los posibles costos, formando una parte importante de la gestión del mantenimiento. Finalizando se comenzó a tomar importancia a la depreciación de los equipos con respecto a su vida útil de funcionamiento, procurando alargar los años de funcionamiento óptimo, entre sus más resaltantes características tenemos:

La repercusión del mantenimiento ante la productividad.

Incremento de la mecanización en las industrias y complejidad de los equipos.

Interés creciente sobre los tiempos de parada.

Inicio del concepto de mantenimiento preventivo con intervalos predeterminados.

Incremento de los costos de mantenimiento.

Desarrollo y control de la gestión de mantenimiento.

Ampliar la vida útil de equipos.

Incremento del número de existencias relacionadas a repuestos.

Computadores analógicos, con funciones determinadas. (2004, p. 35).

Tercera generación

A mediados de los 70 la industria sufrió grandes cambios, los cuales seguían en aumento; separándose en expectativas, desarrollo y nuevos métodos. Los tiempos de parada de los equipos y máquinas tienen un impacto directo con la productividad de los bienes físicos, los costos operacionales van en aumento y afectan la calidad del servicio dada al cliente. (Moubray, 2004, p.5).

En los años 60 y 70 las mineras mostraron su preocupación por los costos de mantenimiento, al igual que los sectores manufactureros y de transporte. Pero en el sector manufacturero se vio un especial análisis de los tiempos de parada de máquina, debido al ingreso de nuevas tecnologías metodológicas como el sistema “just-in-time”, puesto que se basaba en la reducción de inventarios para aminorar costos, pero esto generaba un inconveniente con respecto a las paradas inesperadas, ya que podían implicar utilizar más tiempo de lo planeado incluso el detener toda una planta. En la actualidad el aumento de la automatización ha llevado a tomar una mayor importancia en la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de equipos, dando lugar a nuevos métodos e ideologías que aportan a su mejora y su vez siguen los estándares de calidad y salud requeridos, de igual forma la forma como se manejan los datos y

la logística relacionada con el mantenimiento. (Dounce, 2009, p. 56).

Cuarta generación

Daunce (2009). Menciona el enfoque de la cuarta generación como:

“Enfocado en la aplicación de metodologías y procedimientos rigurosos para analizar cada tipo de falla o avería, y se hace del cumplimiento de las legislaciones de seguridad y ambiente de cada país un punto muy importante. El mantenimiento industrial moderno busca como primer punto: cubrir siempre la seguridad, luego la operación. La normativa aplicable, sin importar el autor en los análisis de los modos de falla, siempre debe considerar en primer término si el procedimiento afecta la seguridad o el entorno. No es nuevo decir que los departamentos de mantenimiento son considerados como centros de costos y no de ganancias para la mayoría de las empresas. Sin embargo, las nuevas exigencias del mercado empujan cada día a más empresas a operar bajo sistemas de gestión integrados (ISO 9001, ISO 14001, OSHAS 18000), en donde la seguridad de la vida humana es el punto central. Esto es lo que pasa en un mundo que innova a base del respeto a la vida humana. En palabras llanas: que no se afecte a las personas.” (p. 58).

1.3.3 Confiabilidad

Según Moubray (2004):

“El mantenimiento centrado en la confiabilidad se define como Una filosofía de gestión en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimizar operaciones de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades de mantenimiento más efectivas en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dichos sistemas.” Así como también afirma que la confiabilidad operacional se aplica sustancialmente en los casos relacionados con:

Elaboración/Revisión y planes de mantenimiento e inspección en equipos estáticos y dinámicos.

Establecer alcances y frecuencias óptimas de paradas.

Solución de problemas recurrentes en equipos e instalaciones que afectan los costos y la confiabilidad de las operaciones.

Determinación de las tareas que permitan minimizar riesgos en los procesos, instalaciones, equipos y ambiente.

Establecer procedimientos operacionales y prácticas de trabajo seguro.” (p. 79).

1.3.4 Disponibilidad

La disponibilidad es un objetivo importante en la gestión de todo plan de mantenimiento, ya que al hacer un análisis de disponibilidad se analizan los equipos de manera aislada, los equipos críticos de una línea que estén afectando la productividad o que este por debajo de los patrones de funcionamiento. La disponibilidad también es considerada como la medida de tiempo que un equipo está a disposición para realizar operaciones específicas. Es la posibilidad de que un equipo funcione dentro de sus parámetros normales de funcionamiento en el momento en que sea requerido su uso, durante y después de dicha operación, siempre y cuando sea utilizado bajo condiciones normales o controladas. (Moubay, 2004, p. 81).

1.3.5 Mantenibilidad

La mantenibilidad es la característica inherente de un elemento o sistema, asociada a su capacidad de ser recuperado para el servicio cuando se realiza la tarea de mantenimiento necesaria bajo condiciones prescritas, con procedimientos y medios adecuados, la cual restablece su función original nuevamente. Durante su ejecución se incurren en gastos necesarios cuyo valor varia en correspondencia con la complejidad de la intervención realizada. No es una propiedad o característica que debamos tener en cuenta sólo para la ejecución de reparaciones surgidas de averías imprevistas (Mantenimiento Correctivo), sino también para programar rutinas definidas en los Planes de Mantenimiento Preventivo. (Moubay, 2004, p. 83).

1.3.6 Diversas técnicas de confiabilidad

En cuanto a temas de mantenimiento, existen diversas ideologías y técnicas las cuales son aplicables a diferentes contextos y situaciones, entre las cuales tenemos:



Diversas Técnicas de Confiabilidad Industrial

- ✓ Auditorias de Gestión. (Mantenimiento + Operaciones + Producción)
- ✓ Análisis Probabilístico de Fallas.
- ✓ RBA. Análisis Basados en Riesgo.
- ✓ RCM. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.
- ✓ RAM. Estudio de Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad.
- ✓ RBD. Diagramas de Bloque de Confiabilidad.
- ✓ RCS. Inventarios para Mantenimiento Centrados en Confiabilidad.
- ✓ LCC. Análisis de Costos de Ciclo de Vida.
- ✓ RCA. Análisis de Causa Raíz.
- ✓ TPM. Mantenimiento Productivo Total.
- ✓ KPI/BSC. Indicadores Claves de Desempeño / Indicadores Balanceados de

www.asq.org/reliability

Figura 4. Diversas técnicas de confiabilidad industrial

Fuente: www.asq.org/reliability.com

1.3.6.1 Auditorias de gestión

En la Industria los ingenieros de mantenimiento pasan en promedio más de un 10% de su tiempo elaborando informes de gestión, que incluyen indicadores relacionados a la cadena de valor del mantenimiento; estos dedican gran parte de este tiempo a establecer discusiones y continuas comunicaciones con otros departamentos por las desviaciones que se generan en sus procesos operativos, tratando de relacionar la teoría aprendida en el ejercicio de su profesión con la realidad vivida en las plantas industriales. (ASQ, 2012).

1.3.6.2 Análisis probabilístico de fallas

Se trata de un método deductivo de análisis que parte de la previa selección de un "suceso no deseado o evento que se pretende evitar", sea éste un accidente de gran magnitud (explosión, fuga, derrame, etc.) o sea un suceso de menor importancia (fallo de un sistema de cierre, etc.) para averiguar en ambos casos los orígenes de los mismos. (NTP333, 1996).

1.3.6.3 RBA análisis basado en riesgos

El Mantenimiento Basado en el Riesgo (RBM), una técnica cuantitativa de análisis basado en la economía, establece el valor relativo de las distintas tareas de mantenimiento y sirve como herramienta de mejora continua. El RBM determina las oportunidades de mejora incremental eliminando las tareas de bajo valor e introduciendo tareas dirigidas a los aspectos de alto riesgo comercial. El mantenimiento basado en el riesgo evalúa el riesgo comercial actual y analiza los costes y beneficios de las medidas para mitigar los fallos. (Dounce, 2009, p. 112).

1.3.6.4 RCM (Reliability Centred Maintenance)

La técnica de “RCM o Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad/Confiabilidad) es una técnica empleada para definir las pautas de mantenimiento más adecuadas, y asegurar el funcionamiento para el que está diseñado.” (Moubray, 2004, p.19).

1.3.6.5 Otras teorías relacionadas a confiabilidad

- **RAM** estudio de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad
- **RCV** inventarios para mantenimiento centrado en confiabilidad
- **LCC** análisis de costos de ciclo de vida
- **RCA** análisis causa raíz
- **TPM** mantenimiento total productivo
- **KPI / BSC** indicadores claves de desempeño / indicadores balanceados de gestión.

La investigación eligió como técnica de confiabilidad industrial el RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad) por razones ya expuestas en la problemática.

1.3.7 RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad)

Según Moubray (2004) nos indica:

“Esta técnica surge a finales de los años sesenta como respuesta al incremento de costos y actividades del mantenimiento de las aeronaves (básicamente preventivo). En esta industria demuestra ser muy valioso, no sólo bajando los costos y actividades de mantenimiento, sino que además mejora los niveles de confiabilidad, disponibilidad y seguridad. Estos éxitos lo hicieron apetecible a otras industrias, como la militar, petrolera y de generación de electricidad.

“El RCM se implementa sobre la base de una serie de pasos muy planificados y relacionados. Primero hay que examinar bien las metas de productividad y de mejora que ha definido la dirección, para lo que se precisará una clara estrategia por parte de ésta sobre los principales parámetros a mejorar (costes, fiabilidades, etc.)” (p. 83).

“Como resultado de la demanda internacional por una norma que estableciera unos criterios mínimos para que un proceso de análisis de fallos pueda ser llamado “RCM” surgió en 1999 la norma SAE JA 1011 y en el año 2002 la norma SAE JA 1012. No intentan ser un manual ni una guía de procedimientos, sino que simplemente establecen, como se ha dicho, unos criterios que debe satisfacer una metodología para que pueda llamarse RCM.” (SAE JA 1011, 2002).



Figura 5. Ciclo del RCM

Fuente: LAREZ, Alexis. CMRP.

1.3.8 Las 7 preguntas básicas del RCM

Moibray nos explica que:

- ¿Cuáles son las funciones y los estándares deseados asociados al desempeño de los activo en su contexto operacional actual (Funciones)?
- ¿De qué manera falla en el cumplimiento de sus funciones (falla funcional)?
- ¿Qué provoca cada falla funcional (modos de falla)?
- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla (efectos de falla)?
- ¿En qué modos afecta cada falla (consecuencias de falla)?
- ¿Qué debiera hacerse para predecir o impedir cada falla (tareas proactivas e intervalos de tareas)?
- ¿Qué debe hacerse si no se puede encontrar una tarea proactiva adecuada (acciones por defecto)? (2004, p.23).

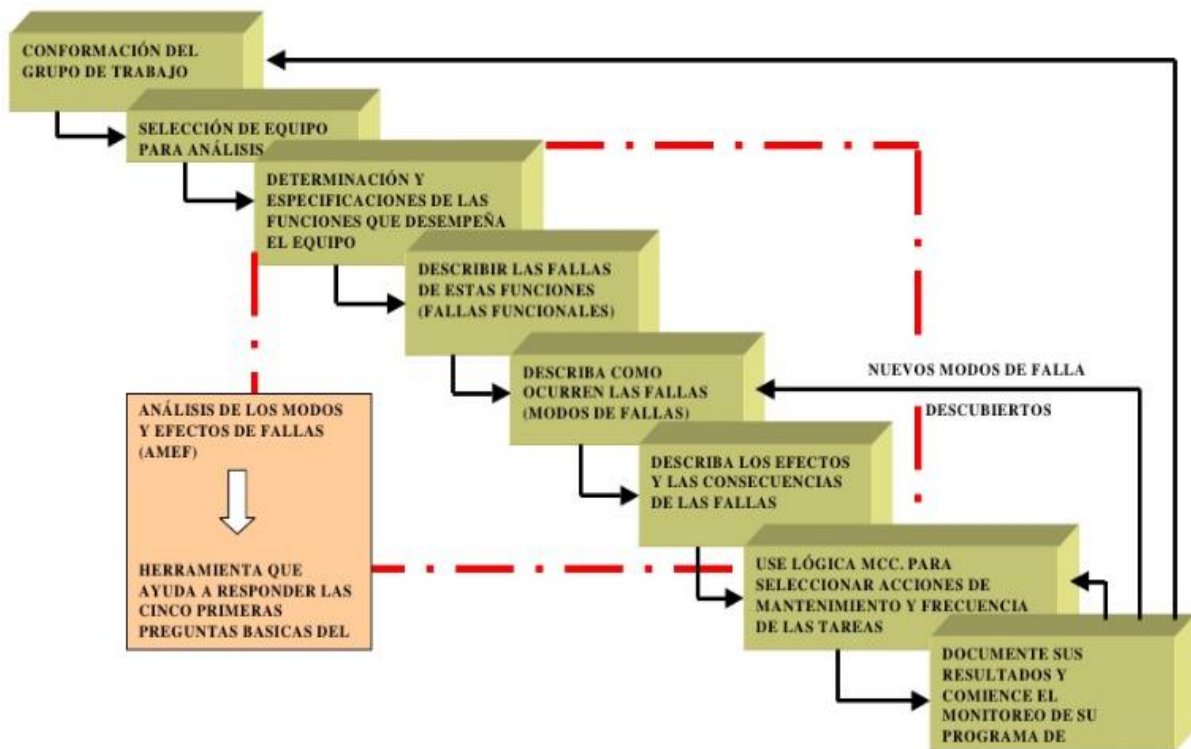


Figura 6. Flujo grama del proceso de RCM

Fuente: Renovetec, 2011.

1.3.9 Etapas de la implementación del RCM

1.3.9.1 Etapa 1: Equipo de trabajo

La formación del equipo de trabajo para la implementación del RCM es muy importante, pues se reúne a personas que desempeñan diferentes funciones de un área o departamentos afines, para trabajar por un tiempo determinado en el análisis, recolección y procesamiento de datos. Uno de los efectos directos que tiene la formación del equipo de trabajo es la sinergia, la cual es una consecuencia multiplicadora al combinar el trabajo de diferentes personas con un mismo propósito; otro efecto de la formación del equipo de trabajo es la búsqueda de soluciones de problemas que tienen cierto grado de repercusión en las áreas involucradas, siendo recomendable la división por sub niveles o recurriendo al ¿Por qué? De las causas. (Larez, 2017, p. 34).

1.3.9.2 Etapa 2: Definición del contexto

Definición del contexto

Moubray (2004). Expone:

Enfoque de la fuerza de tareas, las organizaciones que tienen activos o procesos que sufren problemas recurrentes con consecuencias serias adoptan este enfoque.

Enfoque selectivo, además de los problemas agudos que pueden llevar a una empresa a tomar un enfoque de fuerza de tareas, la mayoría también tienen algunos activos que son más susceptibles que otros problemas crónicos difíciles de identificar.

Enfoque amplio, el tercer enfoque del RCM pone al menos el mismo énfasis en mejorar el conocimiento y la motivación de los individuos y perfeccionar el trabajo en equipo entre los usuarios y quienes mantienen los equipos, como sobre el rendimiento de los activos fijos.” (p.287).

En la investigación se aplicó el enfoque selectivo pues se pone un mayor énfasis en el desempeño técnico y operativo del equipo que en la gente que finalmente depende el equipo.

Selección y definición de las áreas y equipos

El equipo de trabajo luego de evaluar los problemas y analizar las causas, selecciona los equipos en los cuales se implementara el RCM.

Matalobos define que:

Un desacierto muy frecuente en las empresas que desena implementar el RCM es aplicarlo a todos los equipos y maquinarias de la empresa, este error vuelve muy engorroso y lenta la implementación del RCM pues el nivel de análisis se multiplica. Por ello se realizara un a análisis de criticidad que manejara conceptos como:

Componente

Es una agrupación de elementos, los cuales trabajan en armonía pero al momento de ser evaluado, solo se considera su confiabilidad como conjunto e independientemente de cada una de sus partes.

Sistema

Es un grupo de componentes vinculados, de tal manera que son indispensables para completar una función.

Sub sistema

Es una parte del sistema, la cual puede ser analizada independientemente del sistema principal pero que a la vez puede considerarse como otro sistema.

Estructura

Es la forma como están relacionados los componentes de un sistema a los ojos de la confiabilidad.” (1992, p. 145).

1.3.9.3 Etapa 3: AMEF

AMEF

Análisis del Modo y Efectos de Fallas (AMEF) es actualmente la técnica más utilizada para el análisis de riesgos. El análisis de riesgos es una actividad humana muy natural. Como ejemplo, cuando se conduce un automóvil, usted hace continuamente una evaluación de los riesgos y ajusta su comportamiento si los riesgos aumentar o disminuyen. El análisis de riesgos sigue siendo una parte esencial de nuestro negocio. Analizamos rutinariamente situaciones y tomamos medidas para minimizar los riesgos posibles de la empresa. AMEF es un método efectivo para diseñar y producir análisis de riesgo. (Quijano, 2004, p.77).

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN DEL AMEF

Según la Norma IATF 16949 nos indica:

- “Esta norma internacional describe el Análisis de los Modos de Fallo y sus Efectos (AMFE) y al Análisis de los Modos de Fallo, de sus Efectos y Criticidad (AMFEC) y proporciona una guía sobre cómo aplicarlos para lograr diversos objetivos:
- Proporcionando los procedimientos necesarios para realizar un análisis
- Identificando los términos apropiados, las hipótesis, las medidas de criticidad, los modos de fallo
- Definiendo los principios básicos
- Proporcionando ejemplos de las hojas de trabajo necesarias u otros formatos de tablas.

Todas las consideraciones cualitativas generales presentadas para el AMFE se aplicarán al AMFEC, puesto que este último es una extensión del anterior.” (2016).

1.3.9.4 Etapa 4: árbol lógico

El árbol lógico es una herramienta de análisis que nos permite deducir las causas específicas en un sistema complejo, donde cada modo de falla tiene un importante impacto.

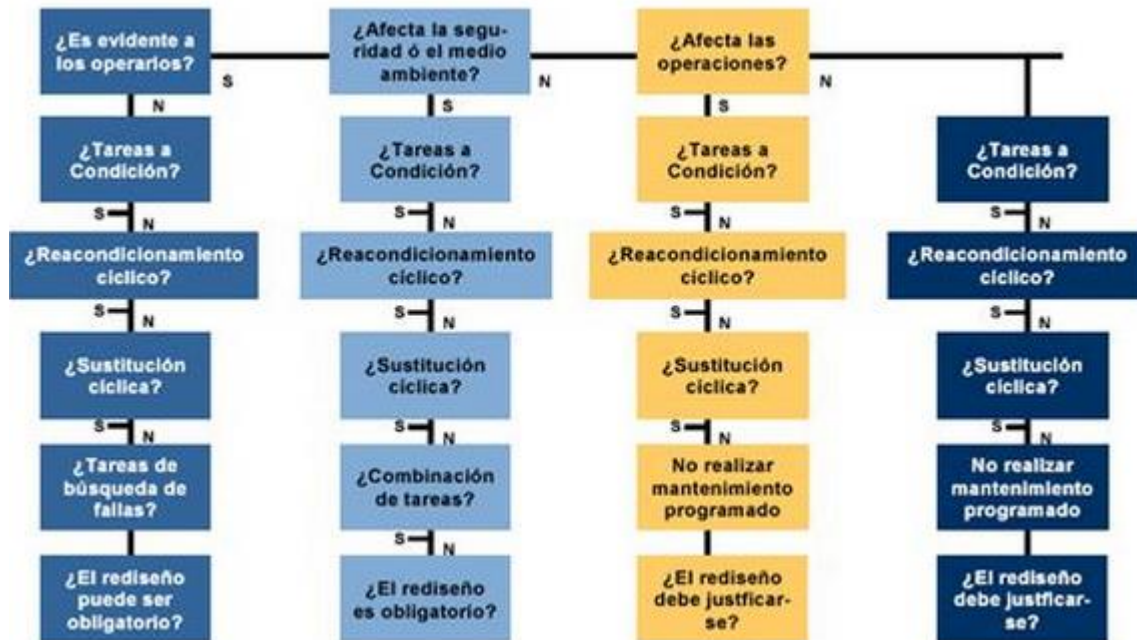


Figura 7. Árbol lógico de decisiones

Fuente: LAREZ, Alexis. CMRP.

La técnica del RCM 1 y RCM 2 se utiliza un árbol lógico de decisiones puesto que estas dos generaciones esta enfocadas en sistemas complejos como es la primera el sector aeronáutico y la segunda con sistemas altamente automatizados, pero a partir de la tercera generación RCM 3 (RENOVETEC) se utiliza un árbol lógico de fallas, para dar un entendimiento a todo nivel y de una manera muy práctica.

Diagrama de fallas

Técnica de análisis de fallas deductivas, que parte desde las fallas que pueden presentar un equipo, modos de fallo y las repercusiones. Es un método de análisis más lógico, que permite entender con claridad los niveles de falla en sistemas simples.

Etapas 4: mejora continua

Redacción del nuevo plan de mantenimiento con sus respectivos nuevos modos de fallo, pautas para la incorporación de nuevos activos si son requeridos y su lugar en el sistema, es un proceso de retroalimentación apoyado con los indicadores de Confiabilidad y Disponibilidad.

Productividad

García, (2011) nos menciona que la productividad comprende todo lo relacionado con los resultados luego de un proceso así mismo aumentar la productividad tiene como fin la obtención de mejores resultados, tomando en cuenta la cantidad de recursos empleados para su obtención. (p. 17).

Según García (2011) nos indica:

La productividad se divide en:

Eficiencia y eficacia, estipulando que la eficiencia es la relación directa entre los bienes producidos o resultantes y los recursos utilizados para su obtención. Acotando que no es recomendable incurrir en procesos o eventualidades que generen tiempos innecesarios, exceso de material usado, personal o materias primas de más, que no sean las necesarias para la obtención de un bien o servicio. Y que la eficacia guarda relación con las acciones o comportamiento que se sigue para prever las dificultades y contratiempos que se susciten a lo largo del proceso productivo que afecten la eficiencia. (p. 18).

Siguiendo lo mencionado sobre la eficiencia y eficacia la productividad de tableros es medida, mediante la siguiente formula:

$$\text{Productividad} = \text{eficiencia} \times \text{eficacia}$$

La productividad abarca la mejora del proceso productivo, esto denota una relación entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de productos resultantes.

Eficiencia

La eficiencia es la utilización de medios de una manera racional para lograr resultados deseados, y es reflejado en forma de calidad o de proporciones. La eficiencia se alcanza obteniendo resultados deseados o planificados, consumiendo lo mínimo en recursos. (García, 2011, p.20).

Eficacia

García (2011), nos menciona que es la cualidad de lograr un objetivo deseado o planeado, la eficacia es muy independiente de la cantidad de recursos utilizados para lograr los objetivos trazados. Como un indicador puede reflejar buenos resultados si se pone con relación al tiempo utilizado, tiempo establecido para realizar un proceso o producción de un bien o servicio. (p. 21).

Elementos que contribuyen a la productividad

Schroeder (2002), expone que “los elementos que contribuyen a la productividad principalmente son:

- La financiación
- Progreso de tecnologías
- Comportamiento social
- Leyes y tratados vigentes. (p.34).

Importancia de la productividad

Render y Heizer nos indica que:

La productividad tiene correlación con prosperidad de una nación, guardando relación con el nivel y calidad de vida de la población. Por ello se tiene en consideración la correcta forma de utilización de los recursos, pues dan lugar a que se recompense el correcto funcionamiento. Siendo la ocasión de que un trabajador desempeñe su función de forma óptima ya sea produciendo un bien o brindando un servicio, que su comportamiento y compromiso para con su trabajo atraiga más clientes, dando cabida a que se genere una retribución extra por el producto de su trabajo, estimulando así a que otros trabajadores sigan ese ejemplo. Sin embargo, si los procesos no llegan a un punto óptimo en cuanto al consumo de recursos no se incrementa la productividad teniendo un efecto de alza de precios; y si la productividad llega a un punto óptimo los precios descenderán. Por ello se infiere que una nación con objetivos claros de crecimiento y desarrollo, se inclinaran por administrar sus recursos de manera eficiente mejorando sus capitales, la calidad, la mano de obra capacitada y otros elementos que afecten un adecuado producto o servicio. (2015, p.14).

1.4 Formulación del problema

La formulación del problema está compuesta de un problema general y dos específicos los cuales nos ayudan a constituir las acciones y pasos a realizar.

1.4.1 Problema general

¿De qué manera la implantación del RCM aumentará la productividad en área de producción de tableros en la empresa SERTES. SAC?

1.4.2 Problema específico

¿De qué manera la implantación del RCM aumentará la eficiencia del área de producción de tableros de la empresa SERTES. SAC?

¿De qué manera la implantación del RCM aumentará la eficacia del área de producción de tableros de la empresa SERTES. SAC?

1.5 Justificación del estudio

La investigación comprende tres tipos de justificación, la académica en la que se plantea la finalidad que se le concede a la presente investigación; la económica que se expone el fin empresarial y finalmente la social que expondrá el impacto que tendrá esta investigación en la sociedad.

1.5.1 Justificación académica

La metodología RCM busca el mejor funcionamiento operacional y rendimiento de las máquinas y equipos reduciendo el tiempo por parada, los números de fallas, los modos de falla [...] una serie de formatos para un óptimo seguimiento (Moubray, 2004, p. 12).

Teniendo como fin aplacar la actual problemática de la empresa SERTES. SAC aplicando la metodología RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad) en el área de mantenimiento, generando así soluciones y conclusiones que aportaran como antecedentes para futuros

trabajos que tengan similitud de variables en la línea de gestión empresarial y productiva.

1.5.2 Justificación económica

Para Jhon Moubray (2004) Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Si el RCM es aplicado correctamente a los sistemas de mantenimiento ya existentes, se reduce la cantidad de trabajos repetitivos (tareas de mantenimiento echas cíclicamente); la carga de trabajo es mucho más baja que si el programa fuera desarrollado con métodos tradicionales. (p. 13).

La gestión para la implementación del RCM aportara en aumentar la confiabilidad de la empresa SERTES. SAC, teniendo como resultado directo el aumento de la productividad de tableros y la reducción de costos por concepto de elementos para el funcionamiento ideal, costos por fallos y paradas inesperadas.

1.5.3 Justificación social

La metodología RCM son una serie de técnicas que a su vez son analizadas procurando cumplir con los estándares de seguridad, aportando a la formación de los colaboradores (Moubray, 2004, p. 13).

Al implementar el RCM en la empresa SERTES SAC, beneficiara a la empresa en ser más productiva, aumentando la confiabilidad y disponibilidad de sus equipos que se verá reflejada en aumentar la eficiencia y eficacia de los equipos, además que la metodología aplicada involucra a todos los operarios, inculcándole hábitos de seguridad, pro actividad y de mejora continua en cada operación que realizaran, estimulando la visión de cada trabajador.

1.6 Hipótesis

La hipótesis de la investigación está constituida por una hipótesis general y dos específicas las cuales son utilizadas por el investigador para dar solución a la problemática encontrada.

1.6.1 Hipótesis general

La implementación de RCM aumenta la productividad en área de producción de tableros en la empresa SERTES. SAC.

1.6.2 Hipótesis específica

La implementación de RCM aumenta la eficiencia del área de producción de tableros de la empresa SERTES. SAC.

La implementación de RCM aumenta la eficacia del área de producción de tableros de la empresa SERTES. SAC.

1.7 Objetivos

El objetivo de la investigación comprende un objetivo general y dos específicos los cuales son utilizados en la investigación.

1.7.1 Objetivo general

Determinar como la implementación del RCM aumenta la productividad en área de producción de tableros en la empresa SERTES SAC.

1.7.2 Objetivo específico

Determinar como la implementación del RCM aumenta la eficiencia del área de producción de tableros de la empresa SERTES SAC.

Determinar como la implementación del RCM aumenta la eficacia del área de producción de tableros de la empresa SERTES SAC.

1.8 Matriz de coherencia

Tabla 6. Matriz de coherencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS
generales		
¿De qué manera la implantación del RCM aumentará la productividad en área de producción de tableros en la empresa SERTES. SAC?	Determinar como la implementación del RCM aumenta la productividad en área de producción de tableros en la empresa SERTES SAC.	La implementación de RCM aumenta la productividad en área de producción de tableros en la empresa SERTES. SAC.
específicos		
¿De qué manera la implantación del RCM aumentará la eficiencia del área de producción de tableros de la empresa SERTES. SAC?	Determinar como la implementación del RCM aumenta la eficiencia del área de producción de tableros de la empresa SERTES SAC.	La implementación de RCM aumenta la eficiencia del área de producción de tableros de la empresa SERTES. SAC.
¿De qué manera la implantación del RCM aumentará la eficacia del área de producción de tableros de la empresa SERTES. SAC?	Determinar como la implementación del RCM aumenta la eficacia del área de producción de tableros de la empresa SERTES SAC.	La implementación de RCM aumenta la eficacia del área de producción de tableros de la empresa SERTES. SAC.

Fuente: Elaboración propia

II MÉTODO

2.1 Tipo y diseño de investigación

2.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada por que ofrece un referente sobre la gestión para implementar el RCM, que está claramente orientada a resolver una problemática y controlar situaciones prácticas, realizando distinciones sobre conocimientos técnicos artesanales y los conocimientos de teorías previamente validadas para dar respuesta a problemáticas de índole técnico. Para Murillo (2008) la investigación aplicada es descrita como la investigación que utiliza los conocimientos ya obtenidos y aplicarlos en una investigación, guardando una estrecha relación con la investigación pura, enfocándose en la utilidad de esta misma. (p. 17).

2.1.2 Nivel de investigación

Es de nivel Descriptiva – Explicativa; Descriptiva por que se seleccionara información detallada de cada una de las variables, las cuales son el RCM y los costos; Explicativa porque se enfoca en conocer el verdadero problema, siendo este los altos costos del área de mantenimiento, explicando las fases y herramientas a utilizar. De igual manera se expresa que “este tipo de estudio está dirigido a responder a las causas de los eventos físicos o sociales, su principal interés es explicar porque ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da este, o porque dos o más variables están relacionadas.” (Hernández, Fernández y Batista, 2010, p.58). “El enfoque empleado en la presente investigación es cuantitativo, porque se utilizó análisis estadísticos para establecer patrones de comportamiento para probar las teorías que brindaran respuestas a la problemática de la investigación. Según Valderrama.” (2013).

2.1.3 Enfoque de la investigación

El enfoque es cuantitativo, recurriendo a la recopilación de datos para para validar afirmaciones e hipótesis basándose en análisis numéricos y registros para determinar comportamientos y tendencias para demostrar teorías. (p.72).

2.1.4 Diseño de la Investigación

Su diseño es cuasi - experimental, porque se identifica y cuantifican las causas y efectos por la manipulación de la variable independiente RCM y de la dependiente productividad; apoyándonos con el concepto de que se evalúa un precedente y posteriormente la variable dependiente, para contemplar la alteración y relación que comparte con la variable independiente. (Valderrama, 2013, p.60).

2.1.5 Alcance de la investigación

Su alcance es Longitudinal, puesto que se recepcionan tomas de una muestra, la cual es evaluada en diferentes instantes o momentos el tiempo, los cuales son por periodos largos o regulares. En noción de la investigación será tomada antes y después de la implementación. (Valderrama, 2013, p.72).

2.2 Variables, Operacionalización

2.2.1 Variable Independiente

Es aquella que su comportamiento o desempeño no depende de otras variables es íntegramente independiente de ella misma al igual que sus resultados. (Valderrama, 2013, p.157).

Para la investigación la variable independiente es el RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad). A continuación se detallan las dimensiones de la variable:

Confiabilidad

Según la ISO/DIS 14224, “Es la capacidad de un activo o componente para realizar una función requerida bajo condiciones dadas para un intervalo de tiempo dado. (Industrias de petróleo y gas natural – Recolección e intercambio de datos de Confiabilidad y Mantenimiento de equipos).” (2014).

Para Jhon Moubray:

El componente trabaja continuamente durante un periodo o tiempo dado, en otras palabras la función del componente no se interrumpe, el componente se pone en operación y se mantiene operacional con el rendimiento requerido.

Para poder medir la confiabilidad utilizamos la siguiente formula:

$$Co = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \times 100$$

Co: confiabilidad operacional

MTBF = Tiempo promedio entre Fallas.

MTTR = Tiempo Promedio para Reparar.” (2004, p.179).

Disponibilidad

Según la ISO/DIS 14224:

Es la capacidad de un activo o componente para estar en un estado (arriba) para realizar una función requerida bajo condiciones dadas en un instante dado de tiempo o durante un determinado intervalo de tiempo, asumiendo que los recursos externos necesarios se han proporcionado. (Industrias de petróleo y gas natural – Recolección e intercambio de datos de Confiabilidad y Mantenimiento de equipos).

Según Jhon Moubray:

Es la capacidad de un activo o componente para estar en un estado (operativo) para realizar una función requerida bajo condiciones dadas en un instante dado de tiempo o durante un determinado intervalo de tiempo. (2004, p. 183).

$$Do = \frac{MUT}{(MUT + MTTR)} \times 100$$

Do: disponibilidad Operacional

MTTR =Tiempo Promedio para Reparar.

MUT = Tiempo Promedio en Operación o Tiempo promedio para fallar (MTTF).”
(2004).

2.2.2 Variable Dependiente

La propiedad o cualidad que puede ser manipulada haciendo cambios en la variable independiente; esta variable es el componente que es examinado, medido y calculado para diagnosticar los efectos que tiene la variable independiente sobre sus resultados. (Hayman, 1974, p. 69).

En la presente investigación la variable dependiente es la productividad y sus dimensiones son:

Eficiencia

La eficiencia es la utilización de medios de una manera racional para lograr resultados deseados, y es reflejado en forma de calidad o de proporciones. La eficiencia se alcanza obteniendo resultados deseados o planificados, consumiendo lo mínimo en recursos. (García, 2011, p.20).

$$Eficiencia = \frac{\text{horas hombre estimada}}{\text{horas hombre real}} \times 100$$

Eficacia

García (2011), nos menciona que es la cualidad de lograr un objetivo deseado o planeado, la eficacia es muy independiente de la cantidad de recursos utilizados para lograr los objetivos trazados. Como un indicador puede reflejar buenos resultados si se pone con relación al tiempo utilizado, tiempo establecido para realizar un proceso o producción de un bien o servicio. (p. 17).

$$Eficacia = \frac{\text{numero de tableros entregados}}{\text{numero de tableros programados}} \times 100$$

Tabla 7. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala
Independiente RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad)	En una técnica empleada para definir las pautas de mantenimiento más adecuadas, para asegurar el funcionamiento para el que está diseñado. (Moubray, 2004, p. 19).	La gestión de la implementación del RCM en la empresa se realiza a través del índice de confiabilidad y Disponibilidad de sus equipos	Confiabilidad	$Co = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \times 100$ <p>Co: confiabilidad operacional MTBF: Es el Tiempo promedio entre Fallas MTTR: Es el Tiempo Promedio para Reparar</p>	Razón
			Disponibilidad	$Do = \frac{MUT}{(MUT + MTTR)} \times 100$ <p>Do: disponibilidad Operacional MTTR: Es el Tiempo Promedio para Reparar MUT : es Tiempo Promedio en Operación o Tiempo promedio para fallar (MTTF)</p>	Razón
Dependiente productividad del área de producción de tableros	Es la relación entre los bienes y servicios producidos y los recursos utilizados. (García, 2011, p.17).	La productividad en el área de producción de tableros es medida mediante la eficiencia con relación a las horas y eficacia con respecto al número de pedidos	Eficiencia	$Eficiencia = \frac{\text{horas hombre estimada}}{\text{horas hombre real}} \times 100$	Razón
			Eficacia	$Eficacia = \frac{\text{numero de tableros entregados}}{\text{numero de tableros programados}} \times 100$	Razón

Fuente: Elaboración propia

2.3 Población, muestra y muestreo

En la investigación la población y la muestra se nombran a continuación

2.3.1 Población

Es un grupo de elementos, componentes o individuos que poseen una serie de propiedades, en la investigación la población se limita al grupo referencial del cual se basa el presente estudio. (Valderrama, 2013, p. 183)

La población está conformada por los tableros que fueron fabricados en el área de producción de la empresa SERTES SAC en un periodo de 12 semanas (3 meses).

2.3.2 Muestra

De propiedades, en la investigación la población se limita al grupo referencial del cual se basa el presente estudio. (Valderrama, 2013, p. 183)

La población está conformada por los tableros que fueron fabricados en el área de producción de la empresa SERTES SAC en un periodo de 12 semanas (3 meses).

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Para la investigación las técnicas e instrumentos se nombran a continuación.

2.4.1 Técnicas de recopilación de datos

La técnica de recopilación empleada para lograr la implementación del RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad) y la productividad del área de producción de tableros son la observación como primer medio de obtención de datos y de igual manera como medio de apoyo tesis con temas afines.

La observación es una técnica práctica para la recopilación de datos la cual reside en una toma de datos e información mediante los sentidos para percibir la realidad y sucesos donde se desenvuelve la muestra u objeto de estudio. (Hernández, 2010, p.198).

2.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos son las herramientas empleadas en la investigación con el fin de recopilar información que ayude al cumplimiento de los objetivos. (Valderrama, 2013, p.195).

Para la investigación, los instrumentos de cálculo y análisis que reunirán los datos requeridos para la implementación y desarrollo del RCM al igual que la productividad en el área de producción de tableros son los siguientes:

Instrumentos de la variable independiente: RCM

- Fichas técnicas.
- Diagrama de análisis del proceso de producción de tableros.
- Historial de fallas.
- Descripción de las adquisiciones de equipos, repuestos e insumos.

Instrumentos de variable dependiente: productividad

- Tendencias de la demanda.
- Requerimiento mensual de tableros.
- Toma de tiempo de los procesos de producción de tableros.
- Toma de tiempo de sub procesos de la producción de tableros.

2.4.3 Validez y confiabilidad

Para la investigación la validación y confiabilidad del instrumento se nombran a continuación.

Validación del instrumento

El juicio de expertos es un método utilizado para evaluar los resultados, recurriendo al juicio o criterio de profesionales, con el fin de verificar el contenido y la consistencia de los indicadores elegidos. (Valderrama, 2013, p.198, 199).

La presente investigación asegura la validación de instrumentos mediante el juicio de expertos, los cuales serán tres expertos en la especialidad de ingeniería Industrial. el acta de conformación del equipo de trabajo puede ser observada en los anexos.

Confiabilidad del instrumento

Se describen al nivel de manejo y aplicación constante, sobre el mismo objeto arrojando respuestas semejantes y solidas bajo cálculos previos. (Valderrama, 2013, p. 215).

En la investigación los instrumentos a operar son confiables, puesto que los datos obtenidos serán procesados en cuadros formulados Excel, arrojando el resultado de cada indicador. Al igual que un cronometro digital debidamente calibrado para la toma de

tiempos; el certificado de calibración puede ser observado en los anexos.

2.5 Métodos de análisis de datos

Según Valderrama (2013), manifiesta que luego de la selección y recopilación de información requeridos para el desarrollo de un estudio se procederá con la examinación con el fin de dar respuesta a las planteaciones iniciales con el cual se aceptara o rechazara la hipótesis de la investigación. (p. 229).

La actual investigación utilizará un análisis descriptivo, mediante el cual se contemplara el comportamiento de la información y datos mediante la estadística, puesto que se recurrirá al programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

2.6 Aspectos éticos

Conforme a lo delimitado por la escuela de ingeniería industrial es evidente manifestar que los datos entregados y mostrados en esta investigación son reales y exhiben información fidedigna, puesto que son obtenidos directamente de la empresa investigada y a su vez revisados por el encargado de área directo.

También cabe resaltar que la información presentada, es de manejo interno de la empresa donde se desarrolla la investigación y por ende la utilización de estos datos necesitan ser autorizados por la gerencia, para evitar dilemas judiciales.

El actual proyecto de investigación, satisface y cumple con los principios, normas y formatos que son requeridos por la Universidad Cesar Vallejo.

2.7 Desarrollo de la propuesta

A continuación se expondrá información, tablas y gráficos que nos servirán de soporte para el análisis y estudio de la relación entre las variables.

2.7.1 Situación actual

La Empresa

SERTES SAC, es una micro empresa; con n° de RUC 20516589494, en el sector de los servicios; los cuales son brindados a Telefónica del Perú SAA por más de 15 años; su oficina se encuentra ubicada en Unidad Vecinal Mirones Bloque 50 Chalet J – Cercado de

Lima, su almacén en Tomas Valle – San Martin de Porres y su taller en Jr. Ascope N° 256 Int. 1501 – Lima y cuenta con 4 trabajadores permanentes.

La empresa inicio operaciones realizando labores de pintado, mantenimiento, serigrafiado, e instalación de las cabinas de teléfonos públicos; con el transcurrir de los años y el desarrollo exponencial de las empresas de telecomunicaciones, la empresa incursiono en la seguridad de estas tecnologías con la producción de cabinas metálicas múltiples y su instalación en los postes públicos; casi en paralelo con la facilidad de obtener equipos celulares, el mercado de teléfonos públicos ya no era rentable incursionando en instalación de líneas de internet cable y telefonía en viviendas dentro de lima metropolitana y provincia.

Misión

Cubrir necesidad y expectativas de nuestros clientes mediante la fabricación, comercialización y servicio de instalación de cabinas metálicas múltiples, aportando de esta manera al crecimiento sostenido y rentable como empresa en beneficio de todos nuestros colaboradores.

Visión

Afianzar el liderazgo de SERTES SAC en el mercado de nacional, ampliando sus servicios a todas las empresas de telecomunicaciones que operan en el país, siendo reconocidos como una empresa innovadora y puntual y para conseguir nuestros metas nos enfocamos en los procesos de fabricación e instalación, retroalimentándonos con las necesidades y estándares de calidad que requiere nuestra industria.

Servicios que brinda la empresa

- Fabricación de tableros metálicos múltiples, de acero inoxidable doblado en frio y acero galvanizado en el interior.
- Caligrafiado de tableros y cabinas elevadas.
- Instalación de tableros a líneas de potencia de alto voltaje, fibra óptica y diversos cables de telecomunicaciones.
- Servicio de mantenimiento de tableros elevados.

Datos generales de la empresa

Razón social: Servicios Técnicos Solidarios SAC.

RUC: 20516589494

Dirección:

Oficina: Unidad vecinal de Mirones, bloque 50 chalet J Cercado de Lima.

Taller: Jiron Ascope N° 256 Cercado de Lima.

Teléfono: 01 3365929 - 945057629

Correo: Sertes_bertha@yahoo.es

El flujo del proceso en la empresa se divide en 5 etapas, la primera es el requerimiento por parte del cliente (Movistar Perú) el cual envía las medidas y modelo del tablero a producir, el gerente recepciona el pedido y lo deriva al área de producción, en dicha área el almacén genera las órdenes de compra de la materia prima eh insumos y finalmente los tableros producidos son instalados por otra partida de trabajadores que solo se dedican al tema de instalación de tableros elevados y a ras del suelo.

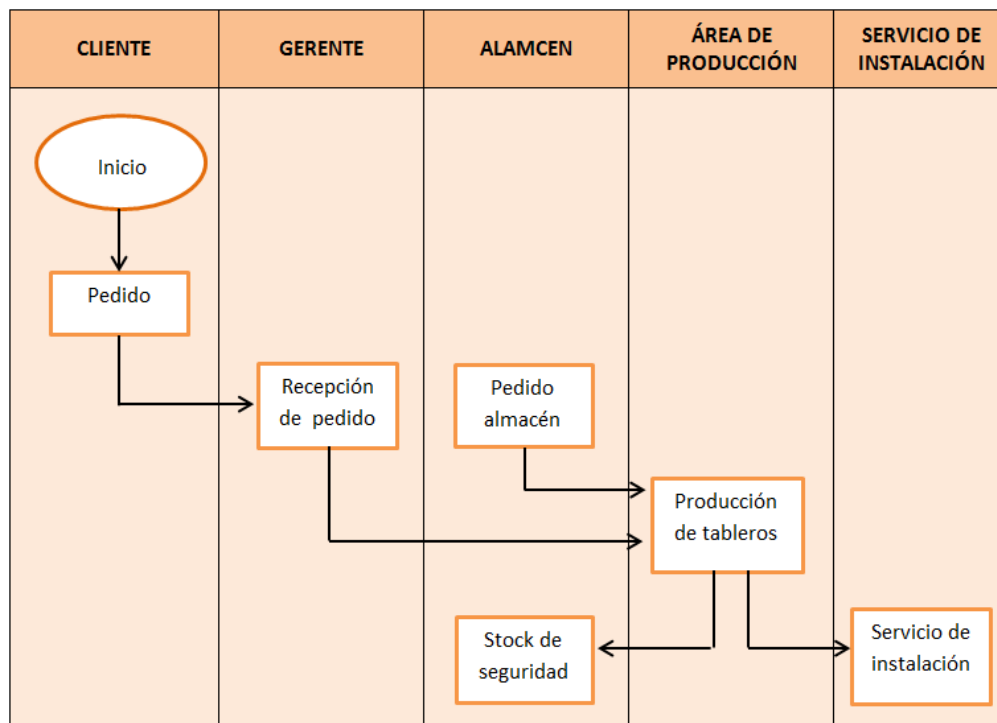


Figura 8. Flujo grama de proceso de la empresa (tableros)

Fuente: Elaboración propia

El total de personas involucradas en el área de producción, es de 10 personas de los cuales 8 tienen contacto directo con los tableros, 4 de ellos son técnicos practicantes de SENATI aprendizaje dual, un 3 técnicos operarios el cual uno de ellos es el responsable y un practicante universitario de Industrial.

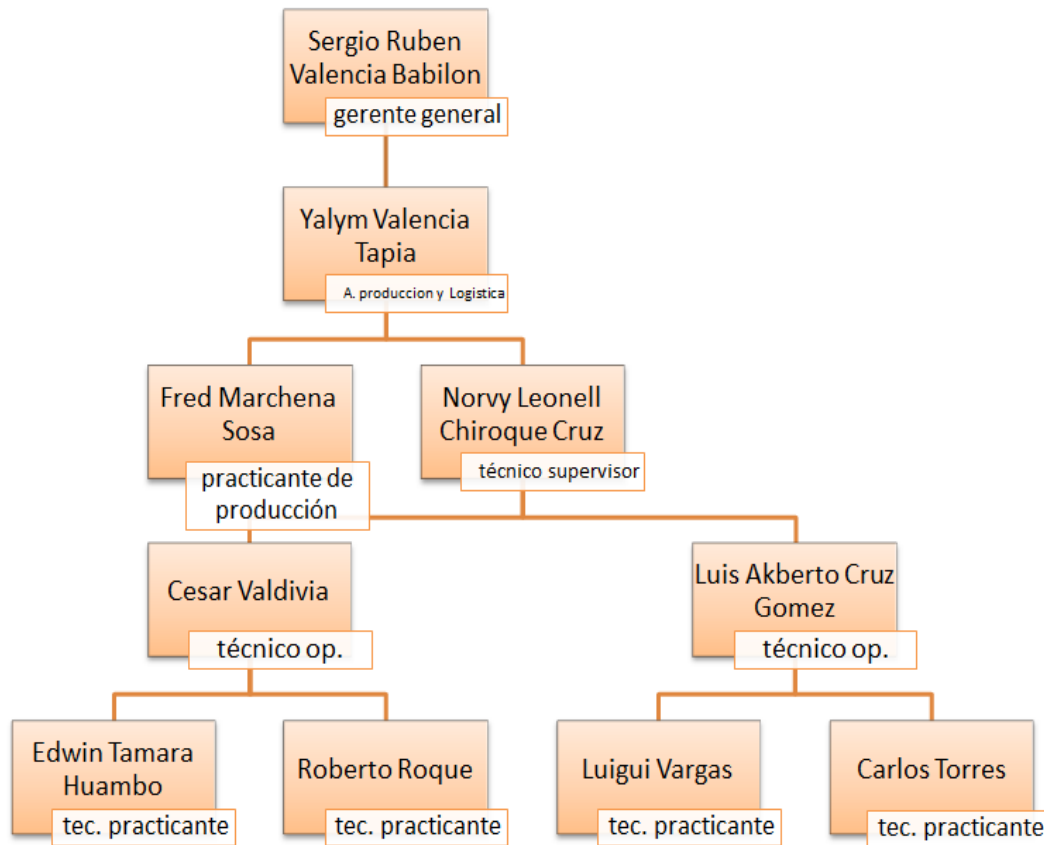


Figura 9. Organigrama del área de producción

Fuente: Elaboración propia

Área donde se aplica la implementación

El área de prácticas es el área de mantenimiento y se centra en 3 lugares, dos lugares principales (taller y almacén) y uno secundario (oficina). Siendo el taller el lugar que nos brindara la mayoría de datos para la investigación. Por la clase de trabajos que se realizan y el espacio que se requiere el almacén está separado del taller, puesto que es utilizado para almacenar los trabajos terminados.

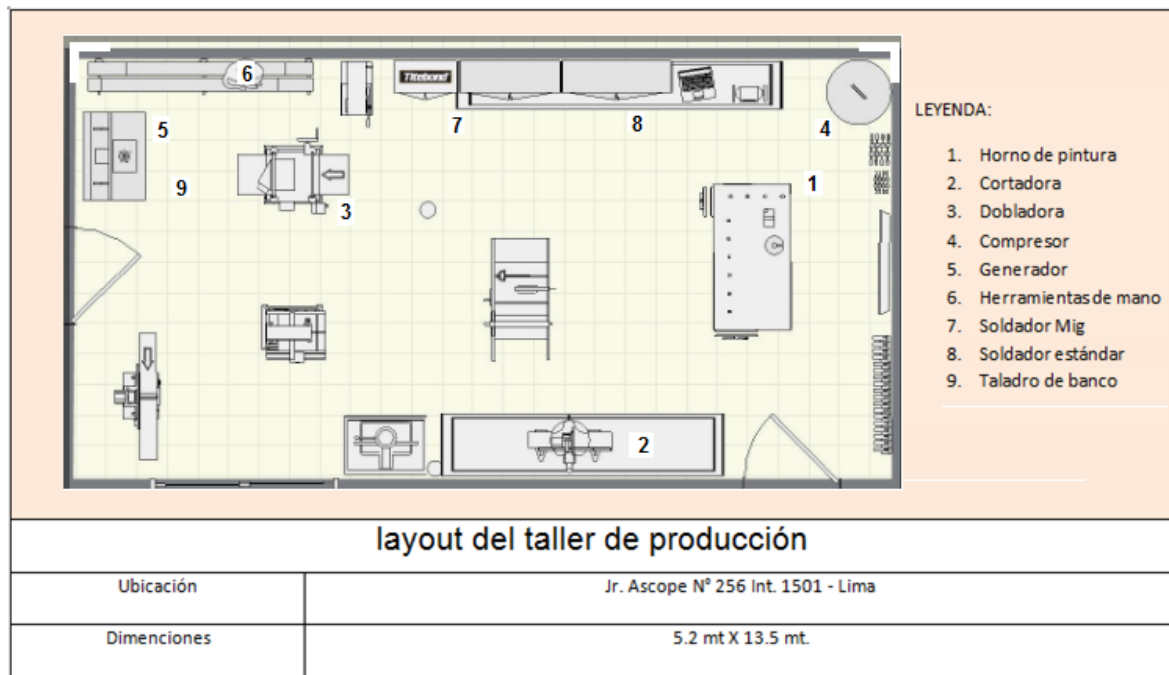


Figura 10. layout

Fuente: elaboración propia

Descripción del trabajo en que se enfoca la investigación

En el proceso de producción de tableros son los siguientes:

Medición de las planchas de acero; se dimensionan las planchas de acuerdo a los requerimientos.

Moldeado; se colocan los moldes previamente impresos para su posterior corte y se realizan las perforaciones requeridas por el diseño.

Corte; las planchas son cortadas manualmente en la guillotina.

Doblado; las planchas cortadas son dobladas al frío de acuerdo al diseño a seguir.

Soldado; se procede con la unión mediante soldadura, dándole forma al tablero.

Pulido; se desgasta las mermas de la soldadura y se procede a lijar imperfecciones.

Pintado; se realiza el pintado y serigrafiado del tablero.

Transporte a post producción; el tablero terminado y embalado se almacena.

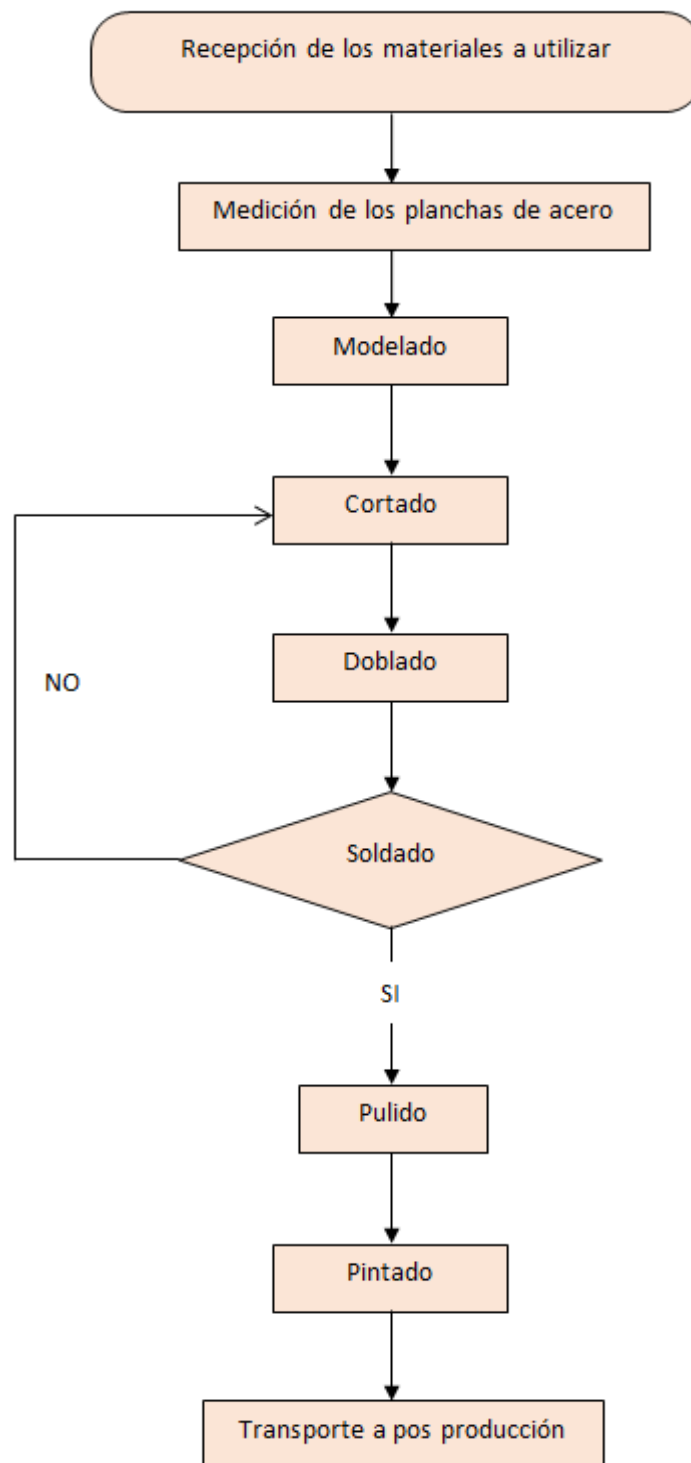


Figura 11. DOP

Fuente: Elaboración propia

El DOP de la producción de tableros consta de un terminal, 7 procesos y una operación lógica de decisión que deriva a otro proceso, en caso los resultados no sean los esperados.

Demanda actual de producción

En cuanto a la demanda de producción de tableros, es variable presentando un promedio de 21 tableros mensuales.

Tabla 8. Demanda 2017

N°	Mes	Demanda	Tableros producidos en taller	Tableros tercerizados
1	Enero	21	18	3
2	Febrero	22	17	5
3	Marzo	22	18	4
4	Abril	19	19	0
5	Mayo	22	18	4
6	Junio	19	19	0
7	Julio	23	19	4
8	Agosto	22	18	4
9	Septiembre	21	18	3
10	Octubre	22	18	4
11	Noviembre	18	17	1
12	Diciembre	24	18	6

Demanda promedio	21.25 \cong 21 tableros
-------------------------	---

1

También existe una limitación en el número de tableros producidos, normalmente se produce de 17 a 19 tableros mensuales, pero la demanda es mayor y la diferencia es tercerizada, generando mayores costos de producción.

Costo por tablero

La empresa obtiene S/2,450.00 de ingresos por cada tablero vendido, pero por cada tablero que no logra producir percibe un costo de S/. 2,050.00, este costo es generado por una empresa la cual apoya en la producción de tableros para cubrir la demanda.

Tabla 9. Costo por tercerizar

COSTO DE VENTA	COSTO DE TERCERIZAR	DIFERENCIA
S/. 2,450.00	S/. 2,050.00	S/. 400.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 se muestra que a pesar de tercerizar parte de la producción de tableros, existe un margen de ganancia por cada tablero tercerizado, estos S/. 400.00 resultan escasos para cubrir los costos fijos de la empresa, costos que se detallaran en el análisis económico financiero.

Tabla 10. Costo por producción

COSTO DE VENTA	COSTO DE PRODUCCIÓN	DIFERENCIA
S/. 2,450.00	S/. 1,345.50	S/. 1,104.50

Fuente: Elaboración propia

La diferencia entre el costo de venta y el costo de producción es de S/. 1,104.50 este margen de ganancia es considerable y cubre todos los costos fijos y variables. Teniendo en cuenta estos datos, que por cada tablero tercerizado hay una pérdida de S/. 704.50.

Programa de mantenimiento (2016 - 2017)

La empresa no contaba con un plan de mantenimiento adecuado, predominando el mantenimiento correctivo y el tradicionalismo en los procesos de mantenimiento. Los controles que se encontraron fueron los siguientes:

Registros de falla

El registro o control de fallas usado con anterioridad era manejado por el personal de

Debido a este plan de mantenimiento, sin mayor detalle en las operaciones a realizar, no es de fácil entendimiento y al momento de su ejecución se incurre al tradicionalismo o empirismo. No se detalla en ningún momento, la función del equipo, la clase, la cantidad, identificación ni su modo de fallo.

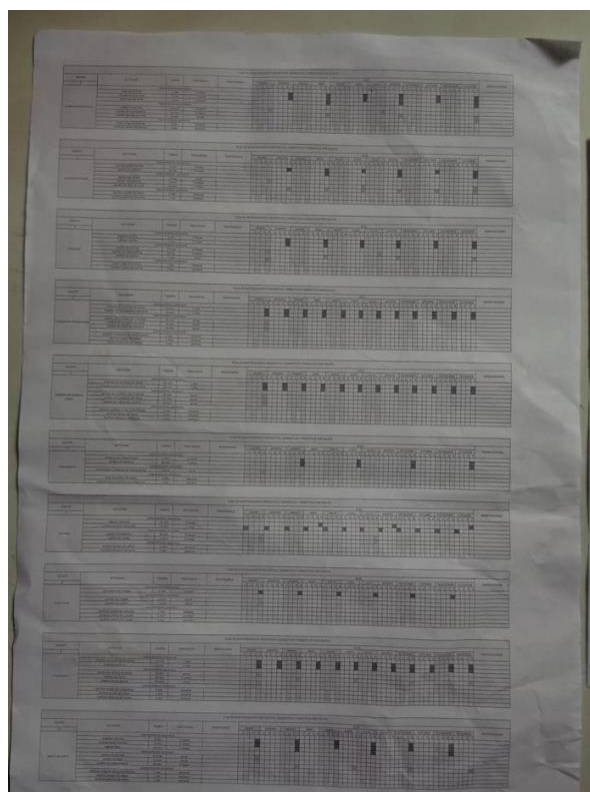


Figura 14. Fotografía: Antiguo plan por equipo

Fuente: área de producción, SERTES SAC

Equipos utilizados en el área de producción

A continuación nombraremos los equipos utilizados en el área de producción, su función y una imagen de referencia.

Tabla 11. Equipos del área de producción

EQUIPOS			<div> Sertes <i>Servicios Técnicos Solidarios S.A.C.</i> <i>Unidad Vecinal Mirones, Block 50-J Cercado de Lima</i> <i>Tel: 3365926 Rpm: #945057629</i></div>	
Área:		Producción		
Nº	Ítem	Unid.	Figura	Descripción
1	Cizalla de metal manual	2		Mediante un movimiento manual de la palanca, se puede cortar láminas y varillas metálicas.
2	Cortadora de metal o tronzadora	2		Equipo eléctrico que corta materiales metálicos por abrasión, de forma recta o ángulo mediante un disco
3	Dobladora de metal	1		Maquina manual, asistida hidráulicamente en algunos casos, que permite doblar láminas metálicas.
4	Soldador mig	2		Máquina de soldar con hilo y gas inerte, utilizado en aceros inoxidables, aluminio y aleaciones ligeras
5	Soldador simple	3		Máquina de soldar mediante arco eléctrico, que emplea electrodos de diferentes propiedades adecuadas para cada metal.
6	Pulidora	5		Equipo eléctrico con una escobilla abrasiva giratoria, que tiene como función, desgastar y pulir uniones de soldadura o cualquier irregularidad.

7	compresora	2		Maquina eléctrica con un tanque metálico, que tiene la función de almacenar aire y expulsarlo a una presión requerida.
8	Taladro de banco	2		Maquina eléctrica que tiene una broca, columna y brazo de acción, utilizado para hacer perforaciones a precisión.
9	Taladro	3		equipo manual eléctrico que hace girar una broca para perforar diferentes superficies
10	Amoladora corte	12		equipo manual eléctrico que puede realizar funciones de corte, desgaste de perfiles metálicos, soldadura, etc.
11	Generador eléctrico	1		Máquina de combustión interna capaz de suministrar energía eléctrica en caso de pérdida del suministro de energía.
TOTAL		35		

Fuente: elaboración propia



El área de producción cuenta con 11 tipos de equipos, los cuales realizan diversas operaciones en cada proceso y que suman un total de 35 equipos.

Equipos y procesos

En la siguiente tabla se detallara los procesos realizados para la fabricación de tableros metálicos y la función que realiza cada equipo por proceso.

Tabla 12. Equipos por proceso

EQUIPOS POR PROCESO			 <p>Sertes Servicios Técnicos Solidarios S.A.C. Unidad Vecinal Mirones, Bloque 50-J Cercado de Lima Teléfono: 3363926 Rpm: #945037629</p>
Área:		Producción	
N°	Proceso	Descripción	Equipos
1	Modelado 	Mediante el uso de moldes que varían de acuerdo a los requerimientos del diseño, se hacen las perforaciones en las planchas y ángulos.	Taladro de banco
			Taladro
2	Cortado 	se procede a cortar las planchas con la amoladora de corte y la cizalla metálica, dejando los ángulos para la cortadora o tronadora	Cizalla de metal manual
			Cortadora de metal
			Amoladora
3	Doblado 	Una vez cortadas las planchas, se realiza los pliegues o dobles en la dobladora	Dobladora de metal
4	Soldado 	se realiza el ensamble interno mediante soldadura simple y las soldaduras exteriores con Mig	Soldador mig
			Soldador simple

5	Pulido 	Con el uso de la pulidora se inicia el desgaste de las uniones exteriores de igual manera con la amoladora de corte, solo que esta se usa en los elementos con un espesor superior.	Pulidora
			Amoladora de corte
6	Pintado 	Mediante el uso de la compresora y una pistola pulverizadora, se finaliza el proceso pintando el equipo según el requerimiento.	compresora

Fuente: elaboración propia

Finalmente el gabinete o tablero es transportado a post producción, para que luego sean instalados por otra área de la empresa, el aspecto final del tablero, varía de acuerdo a los requerimientos de diseño.



Figura 15. Fotografía: Tablero a ras de piso

Fuente; elaboración propia.

Los Tableros a ras de piso como se muestra en la figura 19 tienen un mayor nivel de seguridad y los ángulos interiores son posicionados de forma que puedan resistir golpes.



Figura 16. Fotografía: Tablero elevado

Fuente: elaboración propia

Los tableros también pueden ser diseñados para trabajar en altura, como los postes y torres, los ángulos interiores son posicionados de forma que puedan resistir su peso suspendido.

Indicadores


La forma en que se midió los indicadores es semanal, recopilando datos como la demanda del mes, fecha de realización del tablero, fecha de las fallas, tiempo de fabricación del tablero, tiempo de la falla, días laborables, horas disponibles y de funcionamiento; mediante dos formatos llamados:

- “registro de confiabilidad y disponibilidad” (Variable Independiente)
- “registro de eficiencia, eficacia y productividad” (Variable Dependiente)

Variable Independiente

Las fórmulas de Confiabilidad y Disponibilidad se encuentran descritas dentro del registro.

Tabla 13. Registro de Confiabilidad y Disponibilidad (Septiembre 2017)

REGISTRO DE CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD	 Sertes <small>Servicios Técnicos Solidarios S.A.C. Unidad Vecinal Miraflores, Bloque 50-J Cercado de Lima Telf: 3363926 Rpm: #943037629</small>
---	---

Responsable: Fred Alexander Marchena Sosa

Fecha de Actualización: 30/09/2017

Datos:

Días laborables	26
Horas de funcionamiento	7
Días por semana	6
Horas Disponibles	8

Demanda de tableros	21
Producidos	18
Tercerizados	3
Fallas	9

Formulación:

MTBF = (Horas Funcionamiento * Días por semana) / Número de fallas
MTTR = Sumatoria del Tiempo / Número de fallas
Confiabilidad = MTBF / (MTBF + MTTR)


MUT = (Horas Disponibles * Días por semana) / Número de fallas
Disponibilidad = MUT / (MUT+MTTR)

FICHA DE CONTROL											
SEPTIEMBRE											
N° días	Días lab.	Fecha	Und	Tiempo	Fallas	Horas	MTBF	MTTR	Confiabilidad	MUT	Disponibilidad
1	1	Vie. 01/09/2017									
2	2	Sab. 02/09/2017									
3		Dom. 03/09/2017									
4	3	Lun. 04/09/2017	Tablero 1	10.1	Falla	12	14	11.33	55.26	16	58.54
5	4	Mar. 05/09/2017	Tablero 2	10.2							
6	5	Mie. 06/09/2017	Tablero 3	9.8							
7	6	Jue. 07/09/2017	Tablero 4	10.2	Falla	16					
8	7	Vie. 08/09/2017									
9	8	Sab. 09/09/2017	Tablero 5	11	Falla	6					
10		Dom. 10/09/2017									
11	9	Lun. 11/09/2017	Tablero 6	10.2			42	8	84.00	48.00	85.71
12	10	Mar. 12/09/2017									
13	11	Mie. 13/09/2017	Tablero 7	10.2							
14	12	Jue. 14/09/2017	Tablero 8	10.2	Falla	8					
15	13	Vie. 15/09/2017									
16	14	Sab. 16/09/2017	Tablero 9	10.6							
17		Dom. 17/09/2017									
18	15	Lun. 18/09/2017	Tablero 10	10.4	Falla	8	14	5.33	72.41	16	75
19	16	Mar. 19/09/2017									
20	17	Mie. 20/09/2017	Tablero 11	10.2							
21	18	Jue. 21/09/2017	Tablero 12	10.5	Falla	4					
22	19	Vie. 22/09/2017			Falla	4					
23	20	Sab. 23/09/2017	Tablero 13	11							
24		Dom. 24/09/2017									
25	21	Lun. 25/09/2017	Tablero 14	10.2			21	7	75	24	77.42
26	22	Mar. 26/09/2017			Falla	8					
27	23	Mie. 27/09/2017	Tablero 15	9.5							
28	24	Jue. 28/09/2017	Tablero 16	9.4	falla	6					
29	25	Vie. 29/09/2017	Tablero 17	9.2							
30	26	Sab. 30/09/2017	Tablero 18	9.6							

Firma y Sello del Gerente

Fuente: Elaboración propia


Tabla 14. Registro de Confiabilidad y Disponibilidad (Octubre 2017)

REGISTRO DE CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD								 <small>Sertes</small> <small>Servicios Técnicos Solidarios S.R.L.</small> <small>Unidad Vecinal Miraflores, Bloque 50-3 Cercado de Lima</small> <small>Tel: 3165926 Rpm: 9945057629</small>																			
Responsable: <u>Fred Alexander Marchena Sosa</u>				Fecha de Actualización: <u>28/10/2017</u>																							
Datos: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 50%;">Días laborables</td> <td style="width: 50%;">26</td> <td style="width: 50%;">Demanda de tableros</td> <td style="width: 50%;">22</td> </tr> <tr> <td>Horas de funcionamiento</td> <td>7</td> <td>Producidos</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>Días por semana</td> <td>6</td> <td>Tercerizados</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Horas Disponibles</td> <td>8</td> <td>Fallas</td> <td>11</td> </tr> </table>												Días laborables	26	Demanda de tableros	22	Horas de funcionamiento	7	Producidos	17	Días por semana	6	Tercerizados	5	Horas Disponibles	8	Fallas	11
Días laborables	26	Demanda de tableros	22																								
Horas de funcionamiento	7	Producidos	17																								
Días por semana	6	Tercerizados	5																								
Horas Disponibles	8	Fallas	11																								
Formulación: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 50%;">MTBF = (Horas Funcionamiento * Días por semana) / Número de fallas</td> <td style="width: 50%;">MUT = (Horas Disponibles * Días por semana) / Número de fallas</td> </tr> <tr> <td>MTTR = Sumatoria del Tiempo / Número de fallas</td> <td>Disponibilidad = MUT / (MUT+MTTR)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Confiabilidad = MTBF / (MTBF + MTTR)</td> </tr> </table>												MTBF = (Horas Funcionamiento * Días por semana) / Número de fallas	MUT = (Horas Disponibles * Días por semana) / Número de fallas	MTTR = Sumatoria del Tiempo / Número de fallas	Disponibilidad = MUT / (MUT+MTTR)	Confiabilidad = MTBF / (MTBF + MTTR)											
MTBF = (Horas Funcionamiento * Días por semana) / Número de fallas	MUT = (Horas Disponibles * Días por semana) / Número de fallas																										
MTTR = Sumatoria del Tiempo / Número de fallas	Disponibilidad = MUT / (MUT+MTTR)																										
Confiabilidad = MTBF / (MTBF + MTTR)																											
FICHA DE CONTROL																											
OCTUBRE																											
N° días	Días lab.	Fecha	Und	Tiempo	Fallas	Horas	MTBF	MTTR	Confiabilidad	MUT	Disponibilidad																
1		Dom. 01/10/2017																									
2	1	Lun. 02/10/2017																									
3	2	Mar. 03/10/2017	Tablero 1	10.3																							
4	3	Mie. 04/10/2017	Tablero 2	10.8	Falla	8																					
5	4	Jue. 05/10/2017					21	4.5	82.35	24	84.21																
6	5	Vie. 06/10/2017	Tablero 3	9.8	Falla	1																					
7	6	Sab. 07/10/2017	Tablero 4	10.2																							
8		Dom. 08/10/2017																									
9	7	Lun. 09/10/2017			Falla	6																					
10	8	Mar. 10/10/2017	Tablero 7	10.3																							
11	9	Mie. 11/10/2017	Tablero 8	10.7	Falla	3																					
12	10	Jue. 12/10/2017					14	5.67	71.19	16	73.85																
13	11	Vie. 13/10/2017	Tablero 9	10.3																							
14	12	Sab. 14/10/2017	Tablero 10	10.2	Falla	8																					
15		Dom. 15/10/2017																									
16	13	Lun. 16/10/2017																									
17	14	Mar. 17/10/2017	Tablero 11	10.4	Falla	16																					
18	15	Mie. 18/10/2017	Tablero 12	10.5																							
19	16	Jue. 19/10/2017			Falla	12	21	14	60	24	63.16																
20	17	Vie. 20/10/2017																									
21	18	Sab. 21/10/2017	Tablero 13	13.2																							
22		Dom. 22/10/2017																									
23	19	Lun. 23/10/2017			Falla	12																					
24	20	Mar. 24/10/2017	Tablero 14	10																							
25	21	Mie. 25/10/2017	Tablero 15	9.6	Falla	12																					
26	22	Jue. 26/10/2017					10.5	10	51.22	16	61.54																
27	23	Vie. 27/10/2017	Tablero 16	10.4	Falla x2	6																					
28	24	Sab. 28/10/2017	Tablero 17	9.8																							
29		Dom. 29/10/2017																									
30	25	Lun. 30/10/2017																									
31	26	Mar. 31/10/2017																									

Firma y Sello del Gerente

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Registro de Confiabilidad y Disponibilidad (Noviembre 2017)

REGISTRO DE CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD	 Sertes <small>Servicios Técnicos Solidarios S.A.C. Unidad Vicalma Miraflores, Bloque 107 Cercado de Lima Telf: 3363926 - Rqm: #943015629</small>
---	--

Responsable: Fred Alexander Marchena Sosa

Fecha de Actualización: 25/11/2017

Datos:

Días laborables	26
Horas de funcionamiento	7
Días por semana	6
Horas Disponibles	8

Demanda de tableros	22
Producidos	17
Tercerizados	1
Fallas	7

Formulación:

MTBF = (Horas Funcionamiento * Días por semana) / Número de fallas
MTTR = Sumatoria del Tiempo / Número de fallas
Confiabilidad = MTBF / (MTBF + MTTR)

MUT = (Horas Disponibles * Días por semana) / Número de fallas
Disponibilidad = MUT / (MUT + MTTR)

FICHA DE CONTROL											
NOVIEMBRE											
N° días	Días lab.	Fecha	Und	Tiempo	Fallas	Horas	MTBF	MTTR	Confiabilidad	MUT	Disponibilidad
1	1	Mie. 01/11/2017	Tablero 1	10.4			42	8	84	48	85.71
2	2	Jue. 02/11/2017			Falla	8					
3	3	Vie. 03/11/2017	Tablero 2	10.6							
4	4	Sab. 04/11/2017									
5		Dom. 05/11/2017					21	5	80.77	24	82.76
6	5	Lun. 06/11/2017	Tablero 3	10							
7	6	Mar. 07/11/2017	Tablero 4	10.2	Falla	6					
8	7	Mie. 08/11/2017									
9	8	Jue. 09/11/2017	Tablero 5	10.5			42	12	77.78	48	80
10	9	Vie. 10/11/2017	Tablero 6	9.8	Falla	4					
11	10	Sab. 11/11/2017									
12		Dom. 12/11/2017									
13	11	Lun. 13/11/2017	Tablero 7	11.4			14	6	70	16	72.73
14	12	Mar. 14/11/2017	Tablero 8	11.2							
15	13	Mie. 15/11/2017									
16	14	Jue. 16/11/2017	Tablero 9	10.8	Falla	12					
17	15	Vie. 17/11/2017	Tablero 10	10			14	6	70	16	72.73
18	16	Sab. 18/11/2017									
19		Dom. 19/11/2017									
20	17	Lun. 20/11/2017	Tablero 11	9.8	Falla	4					
21	18	Mar. 21/11/2017	Tablero 12	10.2	Falla	12	14	6	70	16	72.73
22	19	Mie. 22/11/2017									
23	20	Jue. 23/11/2017	Tablero 13	10							
24	21	Vie. 24/11/2017	Tablero 14	10	Falla	2					
25	22	Sab. 25/11/2017					14	6	70	16	72.73
26		Dom. 26/11/2017									
27	23	Lun. 27/11/2017	Tablero 15	10.2							
28	24	Mar. 28/11/2017	Tablero 16	10.5							
29	25	Mie. 29/11/2017					14	6	70	16	72.73
30	26	Jue. 30/11/2017	Tablero 17	11.7							

Firma y Sello del Gerente

Fuente: Elaboración propia

Resultados de la variable independiente

A continuación se expone un resumen de los 3 registros de Confiabilidad y Disponibilidad; especificando el porcentaje calculado por cada una de las 12 semanas.

Tabla 16. Resultados de la Variable Independiente (antes)

MES	SEMANA	CONFIABILIDAD	DISPONIBILIDAD
SEPTIEMBRE	1	55.26%	58.54%
	2	84%	85.71%
	3	72.41%	75%
	4	75%	77.42%
OCTUBRE	5	82.35%	84.21%
	6	71.19%	73.85%
	7	60%	63.16%
	8	51.22%	61.54%
NOVIEMBRE	9	84%	85.71%
	10	80.77%	82.76%
	11	77.78%	80%
	12	70%	72.73%

Fuente: Elaboración propia


La Confiabilidad promedio calculada de un periodo de 12 semanas es de 72%

La Disponibilidad promedio calculada de un periodo de 12 semanas es de 75%

Variable Dependiente

Las fórmulas de Eficiencia, Eficacia y productividad se encuentran descritas dentro del registro.

Tabla 17. Registro de Eficiencia, Eficacia y productividad (Septiembre 2017)

REGISTRO DE EFICIENCIA, EFICACIA Y PRODUCTIVIDAD	 Sertes <small>Servicios Técnicos Solidarios SAC.</small> <small>Unidad Vecinal Miraflores, Block 50-J Cercado de Lima</small> <small>Tel: 3365926 Rpm: #943057629</small>
---	--

Responsable: Fred Alexander Marchena Sosa

Fecha de Actualización: 30/09/2017

Datos:

Demanda	21
Por Semana	5

Días Por Semana	6
Horas de Funcionamiento	7

Semanas	4
---------	---

Formulación:

Tableros por Semana = Por Semana = Demanda / Semanas
H. Estimadas = (Horas de Funcionamiento * Días por Semana) / Tableros por Semana
H. Promedio Real = Sumatoria de Tiempos / Cantidad de Tableros elaborados


Eficiencia = H. Estimadas / H. Promedio Real
Eficacia = Cantidad de Tableros Elaborados / Tableros por Semana
Productividad = Eficiencia * Eficacia

FICHA DE CONTROL												
SEPTIEMBRE												
N° días	Días lab.	Fecha	Und	Tiempo	Falla	Horas	Tableros x sem	H. estimadas	H. promedio real.	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
1	1	Vie. 01/09/2017										
2	2	Sab. 02/09/2017										
3		Dom. 03/09/2017										
4	3	Lun. 04/09/2017	Tablero 1	10.1	Falla	12	5	8.4	10.26	0.82	1	0.82
5	4	Mar. 05/09/2017	Tablero 2	10.2								
6	5	Mie. 06/09/2017	Tablero 3	9.8								
7	6	Jue. 07/09/2017	Tablero 4	10.2	Falla	16						
8	7	Vie. 08/09/2017										
9	8	Sab. 09/09/2017	Tablero 5	11	Falla	6	5	8.4	10.3	0.82	0.8	0.65
10		Dom. 10/09/2017										
11	9	Lun. 11/09/2017	Tablero 6	10.2								
12	10	Mar. 12/09/2017										
13	11	Mie. 13/09/2017	Tablero 7	10.2								
14	12	Jue. 14/09/2017	Tablero 8	10.2	Falla	8	5	8.4	10.525	0.80	0.8	0.64
15	13	Vie. 15/09/2017										
16	14	Sab. 16/09/2017	Tablero 9	10.6								
17		Dom. 17/09/2017										
18	15	Lun. 18/09/2017	Tablero 10	10.4	Falla	8	5	8.4	9.58	0.88	1	0.88
19	16	Mar. 19/09/2017										
20	17	Mie. 20/09/2017	Tablero 11	10.2								
21	18	Jue. 21/09/2017	Tablero 12	10.5	Falla	4						
22	19	Vie. 22/09/2017			Falla	4						
23	20	Sab. 23/09/2017	Tablero 13	11			5	8.4	9.58	0.88	1	0.88
24		Dom. 24/09/2017										
25	21	Lun. 25/09/2017	Tablero 14	10.2								
26	22	Mar. 26/09/2017			Falla	8						
27	23	Mie. 27/09/2017	Tablero 15	9.5								
28	24	Jue. 28/09/2017	Tablero 16	9.4	falla	6	5	8.4	9.58	0.88	1	0.88
29	25	Vie. 29/09/2017	Tablero 17	9.2								
30	26	Sab. 30/09/2017	Tablero 18	9.6								

Firma y Sello del Gerente

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Registro de Eficiencia, Eficacia y productividad (Octubre 2017)

REGISTRO DE EFICIENCIA, EFICACIA Y PRODUCTIVIDAD	 Sertes <small>Servicios Técnicos Solidarios S.A.C.</small> <small>Unidad Vecinal Miraflores, Block 50-J Cercado de Lima</small> <small>Tel: 3363926 Rpm: #943057629</small>
---	--

Responsable: Fred Alexander Marchena Sosa

Fecha de Actualización: 28/10/2017

Datos:

Demanda	22
Por Semana	6

Días Por Semana	6
Horas de Funcionamiento	7

Semanas	4
---------	---

Formulación:

Tableros por Semana = Por Semana = Demanda / Semanas
H. Estimadas = (Horas de Funcionamiento * Días por Semana) / Tableros por Semana
H. Promedio Real = Sumatoria de Tiempos / Cantidad de Tableros elaborados


Eficiencia = H. Estimadas / H. Promedio Real
Eficacia = Cantidad de Tableros Elaborados / Tableros por Semana
Productividad = Eficiencia * Eficacia

FICHA DE CONTROL												
OCTUBRE												
N° días	Días lab.	Fecha	Und	Tiempo	Falla	Horas	Tableros x sem	H. estimadas	H. promedio real.	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
1		Dom. 01/10/2017										
2	1	Lun. 02/10/2017										
3	2	Mar. 03/10/2017	Tablero 1	10.3								
4	3	Mie. 04/10/2017	Tablero 2	10.8	Falla	8						
5	4	Jue. 05/10/2017					6	7	10.275	0.68	0.67	0.45
6	5	Vie. 06/10/2017	Tablero 3	9.8	Falla	1						
7	6	Sab. 07/10/2017	Tablero 4	10.2								
8		Dom. 08/10/2017										
9	7	Lun. 09/10/2017			Falla	6						
10	8	Mar. 10/10/2017	Tablero 7	10.3								
11	9	Mie. 11/10/2017	Tablero 8	10.7	Falla	3						
12	10	Jue. 12/10/2017					6	7	10.375	0.67	0.67	0.45
13	11	Vie. 13/10/2017	Tablero 9	10.3								
14	12	Sab. 14/10/2017	Tablero 10	10.2	Falla	8						
15		Dom. 15/10/2017										
16	13	Lun. 16/10/2017										
17	14	Mar. 17/10/2017	Tablero 11	10.4	Falla	16						
18	15	Mie. 18/10/2017	Tablero 12	10.5								
19	16	Jue. 19/10/2017			Falla	12	6	7	11.36666667	0.62	0.50	0.31
20	17	Vie. 20/10/2017										
21	18	Sab. 21/10/2017	Tablero 13	13.2								
22		Dom. 22/10/2017										
23	19	Lun. 23/10/2017			Falla	12						
24	20	Mar. 24/10/2017	Tablero 14	10								
25	21	Mie. 25/10/2017	Tablero 15	9.6	Falla	12						
26	22	Jue. 26/10/2017					6	7	9.95	0.70	0.67	0.47
27	23	Vie. 27/10/2017	Tablero 16	10.4	Falla x2	6						
28	24	Sab. 28/10/2017	Tablero 17	9.8								
29		Dom. 29/10/2017										
30	25	Lun. 30/10/2017										
31	26	Mar. 31/10/2017										

Firma y Sello del Gerente

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Registro de Eficiencia, Eficacia y productividad (Noviembre 2017)

REGISTRO DE EFICIENCIA, EFICACIA Y PRODUCTIVIDAD	 Sertes <small>Servicios Técnicos Solidarios S.A.C.</small> <small>Unidad Vecinal Atromos, 8606/50-J Cercado de Lima</small> <small>Tel: 3363926 Rpm: #943037629</small>
---	--

Responsable: Fred Alexander Marchena Sosa

Fecha de Actualización: 25/11/2017

Datos:

Demanda	18
Por Semana	5

Días Por Semana	6
Horas de Funcionamiento	7

Semanas	4
---------	---

Formulación:

Tableros por Semana = Por Semana = Demanda / Semanas
H. Estimadas = (Horas de Funcionamiento * Días por Semana) / Tableros por Semana
H. Promedio Real = Sumatoria de Tiempos / Cantidad de Tableros elaborados

Eficiencia = H. Estimadas / H. Promedio Real
Eficacia = Cantidad de Tableros Elaborados / Tableros por Semana
Productividad = Eficiencia * Eficacia

FICHA DE CONTROL												
Noviembre												
N° días	Días lab.	Fecha	Und	Tiempo	Falla	Horas	Tableros x sem	H. estimadas	H. promedio real.	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
1	1	Mie. 01/11/2017	Tablero 1	11.5			5.00	8.40	11.85	0.71	0.40	0.28
2	2	Jue. 02/11/2017			Falla	8						
3	3	Vie. 03/11/2017	Tablero 2	12.2								
4	4	Sab. 04/11/2017										
5		Dom. 05/11/2017										
6	5	Lun. 06/11/2017	Tablero 3	11.4			5.00	8.40	12.68	0.66	0.82	0.54
7	6	Mar. 07/11/2017	Tablero 4	11.8	Falla	6						
8	7	Mie. 08/11/2017										
9	8	Jue. 09/11/2017	Tablero 5	14.3								
10	9	Vie. 10/11/2017	Tablero 6	13.2	Falla	4						
11	10	Sab. 11/11/2017					5.00	8.40	12.10	0.69	0.80	0.56
12		Dom. 12/11/2017										
13	11	Lun. 13/11/2017	Tablero 7	12.8								
14	12	Mar. 14/11/2017	Tablero 8	11.2								
15	13	Mie. 15/11/2017										
16	14	Jue. 16/11/2017	Tablero 9	11.9	Falla	12	5.00	8.40	11.50	0.73	0.80	0.58
17	15	Vie. 17/11/2017	Tablero 10	12.5								
18	16	Sab. 18/11/2017										
19		Dom. 19/11/2017										
20	17	Lun. 20/11/2017	Tablero 11	11.2	Falla	4						
21	18	Mar. 21/11/2017	Tablero 12	10.8	Falla	12	5.00	8.40	11.50	0.73	0.80	0.58
22	19	Mie. 22/11/2017										
23	20	Jue. 23/11/2017	Tablero 13	11.8								
24	21	Vie. 24/11/2017	Tablero 14	12.2	Falla	2						
25	22	Sab. 25/11/2017										
26		Dom. 26/11/2017										
27	23	Lun. 27/11/2017	Tablero 15	10.2								
28	24	Mar. 28/11/2017	Tablero 16	10.5								
29	25	Mie. 29/11/2017										
30	26	Jue. 30/11/2017	Tablero 17	11.7								

Firma y Sello del Gerente

Fuente: Elaboración propia

Resultados de la variable Dependiente

A continuación se expone un resumen de los 3 registros de Eficiencia, Eficacia y productividad; especificando el porcentaje calculado por cada una de las 12 semanas.

Tabla 20. Resultados de la Variable Dependiente (antes)

MES	SEMANA	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
SEPTIEMBRE	1	82%	100%	82%
	2	82%	80%	65%
	3	80%	80%	64%
	4	88%	100%	88%
OCTUBRE	5	68%	67%	45%
	6	67%	67%	45%
	7	62%	50%	31%
	8	70%	67%	47%
NOVIEMBRE	9	71%	40%	28%
	10	66%	82%	54%
	11	69%	80%	56%
	12	73%	80%	58%

Fuente: Elaboración propia

La Eficiencia promedio calculada de un periodo de 12 semanas es de 73.16 %

La Eficacia promedio calculada de un periodo de 12 semanas es de 74.41 %

La Productividad promedio calculada de un periodo de 12 semanas es de 55.25 %

2.7.2 Propuesta de mejora

A continuación se explicara cómo se llegó a la decisión de utilizar la técnica del RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad) para aplacar las problemáticas halladas en el Ishikawa y Pareto.

2.7.2.1 Alternativas de solución

Para identificar cual es la mejor solución para tratar la problemática, se recurrió a operar una matriz de priorización; utilizando puntajes de 1 a 3, en el cual 1 será un puntaje bajo y 3 puntaje alto y mediante la sumatoria obtener la mejor técnica a implementar, para mejorar la productividad del área de producción de tableros de la empresa SERTES SAC.

Tabla 21. Matriz de priorización de Soluciones

Consolidación de Soluciones al Problema	Económico	Facilidad	Tiempo de ejecución	Aceptación de Soluciones	Nivel de Criticidad	Tasa porcentual de Soluciones	Total de Soluciones	Impacto	Calificación	Prioridad
Análisis Probabilístico de Fallas	3	2	1	1	Bajo	14.9%	7	1	7	2
Mantenimiento Preventivo	2	2	3	2	Medio	19.1%	9	2	18	5
RBA (Análisis Basado en Riesgo)	3	1	2	1	Bajo	14.9%	7	2	14	4
RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad)	3	3	3	3	Alto	25.5%	12	3	36	6
LCC (Análisis de Costo de Ciclo de Vida)	3	2	1	1	Bajo	14.9%	7	1	7	1
TPM (Mantenimiento productivo Total)	2	1	1	1	Bajo	10.6%	5	2	10	3
total de causas	16	11	11	9		100%	47			

Fuente: Elaboración propia

2.7.2.2 Plan de mejora

Mediante la utilización de un diagrama de Gantt se detallara los procesos que se seguirán la implementación.

Gráfico5. Diagrama de ejecución



2.7.3. Implementación del plan de mejora

La implementación del RCM seguirá los siguientes pasos:

- 1° Definir equipo de trabajo
- 2° Definir contexto
- 3° AMEF
- 4° Árbol lógico
- 5° Mejora continúa

Los dos primeros pasos del proceso de implementación son muy parecidos a un juicio de expertos, el tercer paso (AMEF) consta de un sistema de información, el cual utiliza los datos del pre- test y procesa nueva información que será importante para la redacción del nuevo plan de mantenimiento. El cuarto paso (árbol lógico) determina las funciones y tareas a realizar, se realiza los esquemas de árbol lógico de fallas, el seguimiento y creación del sistema de soporte; el último paso, consta de formatos que identificarán nuevos modos de falla y ayudaran a mejorar las tareas o funciones.

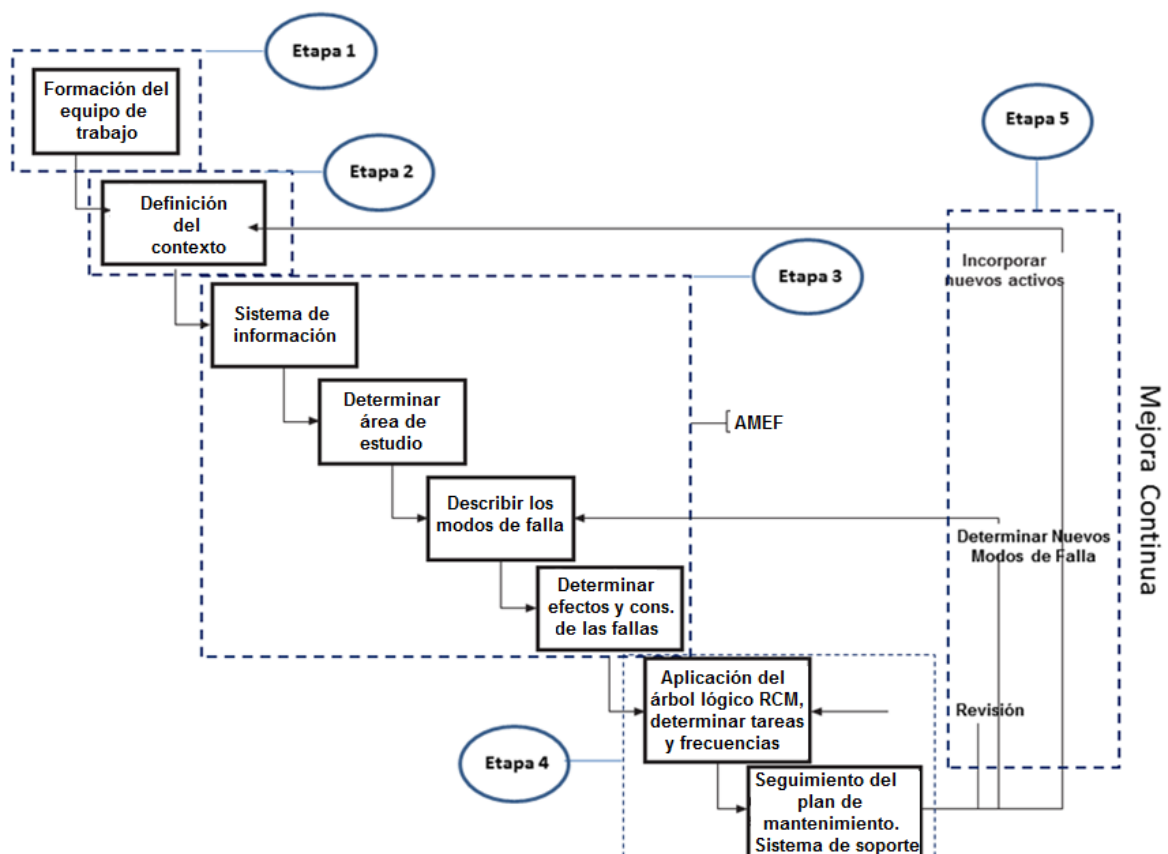


Figura 17. Flujo grama del proceso de implementación

Fuente: adaptación Campbell, 2011.

2.7.3.1 Equipo de trabajo

Para iniciar la implementación del RCM se recurre a la selección de un grupo de expertos de diferentes áreas con problemas afines, con el fin de recolectar, analizar y procesar los datos, para obtener posibles soluciones que también serán analizados y evaluados.

A continuación se presenta el cuadro de selección del grupo de trabajo

Tabla 22. Equipo de trabajo

N°	Nombre y apellido	Puesto	Experiencia	Aporte esperado
1	Sergio Valencia Babilon	gerente	A todo nivel de la empresa	Factibilidad de los presupuestos
2	Norvy Chiroque Cruz	Técnico supervisor	Proceso productivo	Análisis de los procesos
3	Fred Marchena Sosa	Practicante de producción	Técnico de Senati y universitario en curso	Herramientas y técnicas de procesamiento de datos

Fuente: elaboración propia

2.7.3.2 Definición del contexto

De acuerdo a la técnica del RCM se debe definir un contexto ya sea que tenga un enfoque de fuerza de tareas, enfoque selectivo o un enfoque amplio; que vaya acorde con la realidad problemática de la empresa.

Para esta implementación se **decidió utilizar el enfoque selectivo**, puesto que el área de producción de tableros será el sujeto de estudio y dentro de esta área se puede evidenciar y aislar los problemas crónicos que se suscitan en los equipos involucrados en la producción.

2.7.3.3 AMEF

Teniendo ya conformado el equipo de trabajo, el responsable del grupo y tipo de enfoque del mantenimiento se procede a la recolección de datos.

2.7.3.3.1 Sistema de Información

A continuación se adjuntara la información necesaria para la implementación.

Codificación de equipos

Para la codificación de los equipos se utilizó un sistema alfa numérico, con el fin de implementar un sistema sencillo de identificación, que aporte información precisa del área del activo, tipo de equipo y numeración correlacional de cada equipo.

A manera de ejemplo se utilizara 2 codificaciones, que representan dos diferentes tipo de equipos, para un mayor entendimiento.

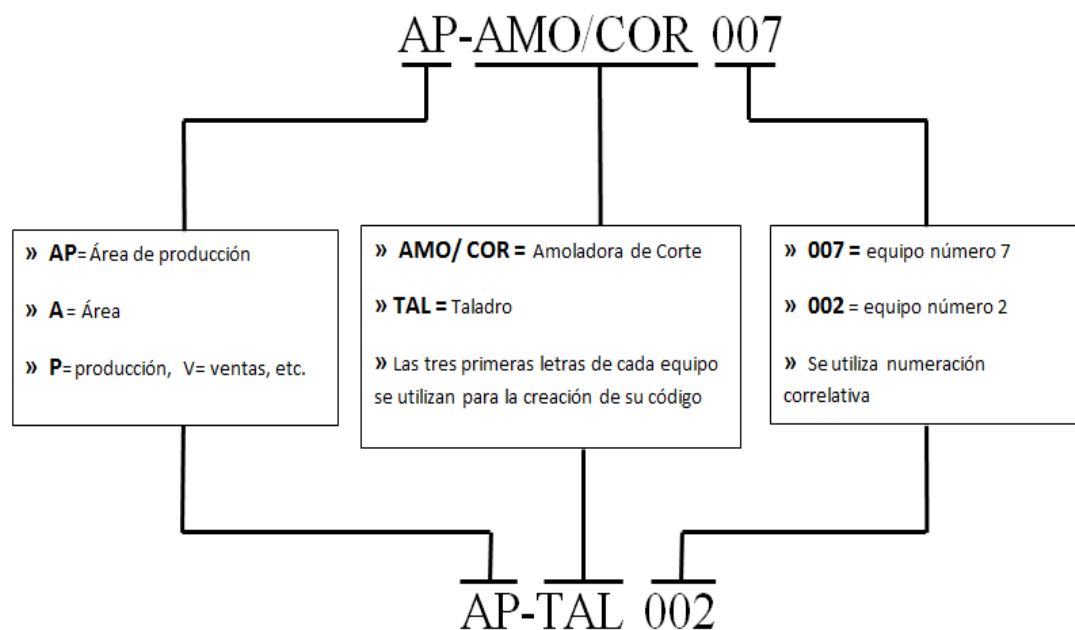


Figura 18. Sistema de codificación






Fuente: elaboración propia

AP la segunda letra en este caso la letra “P” designa el área de producción, si los equipos pertenecieran a otra área se tomaría la inicial de dicha área a continuación de la letra “A” **AMO/ COR** o **TAL** son las 3 primeras letras de cada equipo, si en caso el equipo tenga un nombre compuesto o una característica distintiva se utiliza un “ / “ y se utiliza las 3 primeras letras de la característica.



007 o **002** es la designación correlativa al número total de equipos similares.

En la siguiente tabla se mencionaran los 35 equipos con los que cuenta el área de producción y a la vez, su codificación respectiva con la descripción de las marcas y modelo

Tabla 23. Codificación de equipos

EQUIPOS				 Sertes <i>Servicios Técnicos Solidarios S.A.C.</i> <i>Unidad Vecinal Mirones, Block 50-J Cercado de Lima</i> <i>Télf: 3365926 Rpm: #945057629</i>
Área:		Producción		
Nº	equipo	Unid.	código	Marca y modelo
1	Cizalla de metal manual 	2	AP-CIZ/MET 001	KLEE PLAT 1BR/6
			AP-CIZ/MET 002	DIS MAK SH 130015
2	Cortadora de metal o tronzadora 	2	AP-COR/MET 001	BOSCH GCM 10X
			AP-COR/MET 002	DeWALT DW 872- QS
3	Dobladora de metal 	1	AP-DOB/MET 001	DYNAMO DU- 818
4	Soldador mig 	2	AP-SOL/MIG 001	SINCOSALD NOVAMIX 160
			AP-SOL/MIG 002	CEBORA BRAVO

5	Soldador simple 	3	AP-SOL/SIM 001	SINCOSALD NOVASTICK 300
			AP-SOL/SIM 002	SINCOSALD NOVASTICK 300
			AP-SOL/SIM 003	INDURA 550
6	Pulidora 	5	AP-AMO/PUL 001	BOSCH GWS 7-115
			AP-AMO/PUL 002	BOSCH GWS 7-115
			AP-AMO/PUL 003	BOSCH GPO-12CE
			AP-AMO/PUL 004	BOSCH GWS 15-125 CIH
			AP-AMO/PUL 005	BOSCH GWS 15-125 CIE
7	Compresora 	2	AP-COM 001	QUALITAS WD30100B
			AP-COM 002	TEKNO 0224
8	Taladro de Banco 	2	AP-TAL/BAN 001	KRONES ZJQ 5116
			AP-TAL/BAN 002	SURTEK TC734
9	Taladro 	3	AP-TAL 001	BOSCH GSB 16RE
			AP-TAL002	BOSCH GSB 16RE
			AP-TAL 003	BOSCH GSB 13RE

10	<p>Amoladora de corte</p> 	12	AP-AMO/COR 001	BOSCH GWS 24-180
			AP-AMO/COR 002	BOSCH GWS 24-180
			AP-AMO/COR 003	BOSCH GWS 24-180
			AP-AMO/COR 004	BOSCH GWS 24-180
			AP-AMO/COR 005	BOSCH GWS 7-115
			AP-AMO/COR 006	BOSCH GWS 7-115
			AP-AMO/COR 007	BOSCH GWS 26-180
			AP-AMO/COR 008	BOSCH GWS 26-180
			AP-AMO/COR 009	DeWALT D28750
			AP-AMO/COR 010	DeWALT D28750
			AP-AMO/COR 011	DeWALT D28491-B3
			AP-AMO/COR 012	DeWALT D28491-B3
11	<p>Generador eléctrico</p> 	1	AP-GEN/ELE 001	HONDA EP 650

Fuente: elaboración propia

En la imagen 24 se puede apreciar como algunos de los equipos fueron codificados, dichos equipos se encuentran en buen estado y cumpliendo sus mantenimientos programados.



Figura 19. Fotografía: Codificación

Fuente: elaboración propia

Se puede apreciar en la figura 25 al practicante Universitario y responsable del mantenimiento de equipos en el área de producción, mostrando los criterios de codificación explicados en la figura 23.





Figura 20. Fotografía: Codificación

Fuente: elaboración propia

Fichas técnicas

A continuación se presenta 11 fichas técnicas que representan cada tipo de equipo, puesto que los equipos pueden ser de modelos diferentes, pero son muy similares en su constitución.

Tabla 24. Ficha técnica cizalla de metal

 Sertes <i>Servicios Técnicos Solidarios S.A.C.</i> <i>Unidad Vecinal Mirones, Bloque 50-J Cercado de Lima</i> <i>Telf: 3365926 Rpm: #945057629</i>	Ficha técnica de equipo Cizalla de metal manual		Área de producción
REALIZADO POR:	Practicante del área de mantenimiento		
MARCA	KLEE PLAT	Código	AP-CIZ/MET 001
MODELO	1BR/6	peso	22 kg.
POTENCIA		capacidad	Hasta 5 mm
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
<ul style="list-style-type: none">Cizalla sencilla, transportable para el corte de aceros planos y tubos.<ul style="list-style-type: none">Longitud de la cuchilla 160 mm			

Fuente: elaboración propia

Tabla 25. Ficha técnica Cortadora de metal

 Sertes <i>Servicios Técnicos Solidarios S.A.C.</i> <i>Unidad Vecinal Mirones, Bloque 50-J Cercado de Lima</i> <i>Telf: 3365926 Rpm: #945057629</i>	Ficha técnica de equipo Cortadora de metal o tronzadora		Área de producción
REALIZADO POR:	Practicante del área de mantenimiento		
MARCA	BOSCH	Código	AP-COR/MET 001
MODELO	GCM 10X	peso	13.5 kg.
POTENCIA	1700 W	capacidad	45°
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
<ul style="list-style-type: none">• Cortadora con capacidad de cortes rectos y angulares.<ul style="list-style-type: none">• Diámetro del disco de desgaste 254 mm			

Fuente: elaboración propia

Tabla 26. Ficha técnica Dobladora de metal

 Sertes <i>Servicios Técnicos Solidarios S.A.C.</i> <i>Unidad Vecinal Mirones, Bloque 50-J Cercado de Lima</i> <i>Télf: 3365926 Rpm: #945057629</i>	Ficha técnica de equipo Dobladora de Metal		Área de producción
REALIZADO POR:	Practicante del área de mantenimiento		
MARCA	DYNAMO	Código	AP-DOB/MET 001
MODELO	DU-818	peso	878 kg.
POTENCIA		capacidad	Calibre 18
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
<ul style="list-style-type: none">• Apertura de garganta 3°• Máximo ángulo de dobles o cortina 45°• Acción Manual asistida por pistón hidráulico			


Fuente: elaboración propia

Tabla 27. Ficha técnica Soldador Mig

<div>Sertes</div> <div>Servicios Técnicos Solidarios S.A.C. Unidad Vecinal Mirones, Bloque 50-J Cercado de Lima Telf: 3365926 Rpm: #945057629</div>		Ficha técnica de equipo Soldador mig		Área de producción
REALIZADO POR:		Practicante del área de mantenimiento		
MARCA	SINCOSALD	Código	AP-SOL/MIG 001	
MODELO	NOVAMIX 150	peso	19 kg.	
POTENCIA		capacidad	MIG-TIC-MMA	
CARACTERÍSTICAS GENERALES				
<ul style="list-style-type: none">• Corriente de soldadura 160 A – 40%• Alimentación monofásica 220V• Regulador de corriente continúa.				



Fuente: elaboración propia

Tabla 28. Ficha técnica Soldador Simple

 Sertes <i>Servicios Técnicos Solidarios S.A.C.</i> <i>Unidad Vecinal Mirones, Bloque 50-J Cercado de Lima</i> <i>Teléfono: 3365926 Rpm: #945057629</i>	Ficha técnica de equipo Soldador Simple		Área de producción
REALIZADO POR:	Practicante del área de mantenimiento		
MARCA	SINCROLAMP	Código	AP-SOL/SIM 001
MODELO	TRISTAR 263	peso	33 kg.
POTENCIA		capacidad	MMA
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
<ul style="list-style-type: none">• Corriente de soldadura 300 A – 30%• Alimentación monofásica 220V• Todo tipo de diodos, hasta de \varnothing 4.0.			

Fuente: elaboración propia

Tabla 29. Ficha técnica Pulidora

 Sertes <i>Servicios Técnicos Solidarios S.A.C.</i> <i>Unidad Vecinal Mirones, Bloque 50-J Cercado de Lima</i> <i>Teléfono: 3365926 Rpm: #945057629</i>	Ficha técnica de equipo Pulidora		Área de producción
REALIZADO POR:	Practicante del área de mantenimiento		
MARCA	BOSCH	Código	AP-AMO/PUL 001
MODELO	GWS 7-115	peso	3 kg.
POTENCIA	750 W	capacidad	MMA
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
<ul style="list-style-type: none">• Diámetro de disco 125 mm• Velocidad de giro 11000 rpm			


Fuente: elaboración propia

Tabla 30. Ficha técnica Compresora

 Sertes Servicios Técnicos Solidarios S.A.C. Unidad Vecinal Mirones, Bloque 50-J Cercado de Lima Teléfono: 3365926 Rpm: #945057629	Ficha técnica de equipo Compresora		Área de producción
REALIZADO POR:	Practicante del área de mantenimiento		
MARCA	QUALITAS	Código	AP-COM 001
MODELO	WD 30100B	peso	45 kg.
POTENCIA	2.5 HP	capacidad	110 Litros
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
<ul style="list-style-type: none"> • Compresor bicilindrico • Presión de 8 Bar • Caudal de 260 litros x minuto 			

Fuente: elaboración propia

Tabla 31. Ficha técnica Taladro de Banco

 Sertes Servicios Técnicos Solidarios S.A.C. Unidad Vecinal Mirones, Bloque 50-J Cercado de Lima Teléfono: 3365926 Rpm: #945057629	Ficha técnica de equipo Taladro de banco		Área de producción
REALIZADO POR:	Practicante del área de mantenimiento		
MARCA	KRONES	Código	AP-TAL/BAN 001
MODELO	ZJQ 5116	peso	90 kg.
POTENCIA	0.75 HP	capacidad	
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
<ul style="list-style-type: none"> • 16 seleccionables • Capacidad de mandril 16 mm • Largo de columna de acción 600mm 			

Fuente: elaboración propia

Tabla 32. Ficha técnica Taladro

 Sertes Servicios Técnicos Solidarios S.A.C. Unidad Vecinal Mirones, Bloque 50-J Cercado de Lima Teléfono: 3365926 Rpm: #945057629	Ficha técnica de equipo Taladro		Área de producción
REALIZADO POR:	Practicante del área de mantenimiento		
MARCA	BOSCH	Código	AP-TAL 001
MODELO	GSB 16 RE	peso	2.5 kg.
POTENCIA	750 W	capacidad	
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
<ul style="list-style-type: none"> • Diámetro perforación en mampostería 18 mm • Diámetro de perforación en madera 30 mm <ul style="list-style-type: none"> • Atornillador y rotomartillo 			



Fuente: elaboración propia

Tabla 33. Ficha técnica Amoladora de corte

 Sertes Servicios Técnicos Solidarios S.A.C. Unidad Vecinal Mirones, Bloque 50-J Cercado de Lima Teléfono: 3365926 Rpm: #945057629	Ficha técnica de equipo Amoladora de Corte		Área de producción
REALIZADO POR:	Practicante del área de mantenimiento		
MARCA	BOSCH	Código	AP-AMO/COR 001
MODELO	GWS 24-180	peso	5 kg.
POTENCIA	2400 W	capacidad	
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
<ul style="list-style-type: none"> • Diámetro de disco 230 mm • Velocidad de giro 6500 rpm 			

Fuente: elaboración propia

Tabla 34. Ficha técnica generador

	Ficha técnica de equipo Generador eléctrico		Área de producción
REALIZADO POR:	Practicante del área de mantenimiento		
MARCA	HONDA	Código	AP-GEN/ELE 001
MODELO	EP 650	peso	22 kg.
POTENCIA		capacidad	
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje de salida 120 V • Operación continua 7.8 Hr 			

Fuente: elaboración propia

Solo se nombró una ficha técnica por cada tipo de equipo, puesto que a pesar de existir varios de cada tipo, las marcas son similares y su constitución interna no es muy diferente.

Registro de Fallas de equipos

En la tabla que se muestra a continuación se detalla el promedio de la información recolectada durante 3 meses, en los cuales se puede identificar: las fallas de los equipos, área al que pertenecen y el modo de falla o posible causa del fallo

Tabla 35. Control mensual de equipos (Septiembre)

CONTROL MENSUAL DE EQUIPOS					 Sertes <i>Servicios Técnicos Solidarios S.A.C.</i> <i>Unidad Vecinal Mirones, Block 50-J Cercado de Lima</i> <i>Télf: 3365926 Rpm: #945057629</i>	
Área :		Producción			Mes:	SEPTIEMBRE
Encargado:		Practicante del área de mantenimiento				
N°	Fecha	Proceso	Equipo	Código	Modo de falla	Tiempo
1	04/09/2017	Pulido	Amoladora	AP-AMO/PUL 005	Rodadura irregular	12 h.
2	07/09/2017	Pulido	Amoladora	AP-AMO/PUL 002	Fatiga (Elem.plásticos)	16h.
3	09/09/2017	Soldado	Soldador simple	AP-SOL/SIM 001	Obstrucción de ventilación	6 h.
4	14/09/2017	Doblado	Dobladora	AP-DOB/MET 001	Atascamiento de bisagras	8 h.
5	18/09/2017	Doblado	Dobladora	AP-DOB/MET 001	Reten en mal estado	8 h.
6	21/09/2017	Soldado	Amoladora	AP-AMO/COR 011	Carbones en mal estado	4 h.
7	22/09/2017	Modelado	Taladro	AP-TAL 003	Mandril en mal estado	4 h.
8	26/09/2017	Soldado	Soldador simple	AP-SOL/SIM 002	Regulador de voltaje mal estado	8 h.
9	28/09/2017	Pulido	Amoladora	AP-AMO/COR 007	Fatiga (Elem. Plásticos)	6 h.

Fuente: elaboración propia

En la tabla número 35 se aprecia que los equipos con mayor incidencia de fallas en el mes de septiembre son las amoladoras (pulido y corte) y la dobladora de metal, registrando ambas un total de 9 fallas.

Tabla 36. Control mensual de equipos (Octubre)

CONTROL MENSUAL DE EQUIPOS					 Sertes <i>Servicios Técnicos Solidarios S.A.C.</i> <i>Unidad Vecinal Mirones, Block 50-J Cercado de Lima</i> <i>Télf: 3365926 Rpm: #945057629</i>	
Área :		Producción			Mes:	OCTUBRE
Encargado:		Practicante del área de mantenimiento				
N°	Fecha	Proceso	Equipo	Código	Modo de falla	Tiempo
1	04/10/2017	Pulido	Amoladora	AP-AMO/PUL 002	Rodadura irregular	8 h.
2	06/10/2017	Pintado	Compresora	AP-COM 002	Filtros obstruidos	1 h.
3	09/10/2017	Pulido	Amoladora	AP-AMO/COR 004	Ludimiento de elementos	6 h.
4	11/10/2017	Doblado	Dobladora	AP-DOB/MET 001	Atascamiento de bisagras	3 h.
5	14/10/2017	Cortado	Amoladora	AP-AMO/COR 007	Rodadura irregular	8 h.
6	17/10/2017	Soldado	Soldador simple	AP-SOL/SIM 002	Diodo rectificador abierto	16 h.
7	19/10/2017	Doblado	Dobladora	AP-DOB/MET 001	Reten en mal estado	12 h.
8	23/10/2017	Pulido	Amoladora	AP-AMO/PUL 004	Fatiga (Elem. Plásticos)	12 h.
9	25/10/2017	Pulido	Amoladora	AP-AMO/PUL 002	Fatiga (Elem. Plásticos)	12 h.
10	27/10/2017	Cortado	Cortadora	AP-COR/MET 002	Atascamiento de bisagra	2 h.
11	27/10/2017	Pulido	Amoladora	AP-AMO/COR 001	Carbones en mal estado	4 h.

Fuente: elaboración propia

En la tabla número 36 se aprecia que los equipos con mayor incidencia de fallas en el mes de Octubre son las amoladoras (pulido y corte) y la dobladora de metal, registrando ambas un total de 11 fallas.

Tabla 37. Control mensual de equipos (Noviembre)

CONTROL MENSUAL DE EQUIPOS					 Sertes <i>Servicios Técnicos Solidarios S.A.C.</i> <i>Unidad Vecinal Miroses, Block 50-J Cercado de Lima</i> <i>Télf: 3365926 Rpm: #945057629</i>	
Área :		Producción		Mes:	NOVIEMBRE	
Encargado:		Practicante del área de mantenimiento				
Nº	Fecha	Proceso	Equipo	Código	Modo de falla	Tiempo
1	02/11/2017	Cortado	Amoladora	AP-AMO/COR 003	Ludimiento de elementos	8 h.
2	07/11/2017	Pulido	Amoladora	AP-AMO/PUL 005	Ludimiento de elementos	6 h.
3	10/11/2017	Modelado	Taladro	AP-TAL 002	Carbones en mal estado	4 h.
4	16/11/2017	Pulido	Amoladora	AP-AMO/COR 006	Rodadura irregular	12 h.
5	20/11/2017	Cortado	Cortadora	AP-COR/MET 002	Atascamiento de bisagras	4 h.
6	21/11/2017	Pulido	Amoladora	AP-AMO/COR 011	Rodadura irregular	12 h.
7	24/11/2017	Modelado	Taladro de banco	AP-TAL/BAN 002	Husillo en mal estado	2 h.

Fuente: elaboración propia

En la tabla número 37 se aprecia que los equipos con mayor incidencia de fallas en el mes de Octubre son las amoladoras (pulido y corte) y los taladros (de banco y manual), registrando ambas un total de 7 fallas

Tabla 38. Total de fallas

TOTAL DE FALLAS EN EQUIPOS							
N°	EQUIPO	SEP	OCT	NOV	TOTAL	HORAS	PROMEDIO
1	Amoladora	4	6	4	14	7.5	9
2	Dobladora	2	2	0	4		
3	Soldador simple	2	1	0	3		
4	cortadora	0	1	1	2		
5	Taladro	1	0	1	2		
6	Taladro Banco	0	0	1	1		
7	Compresora	0	1	0	1		
TOTAL		9	11	7	27		

Fuente: Elaboración propia

La tabla número 38 nos especifica la cantidad de fallas ocurridas en un periodo de 3 meses y los equipos involucrados.

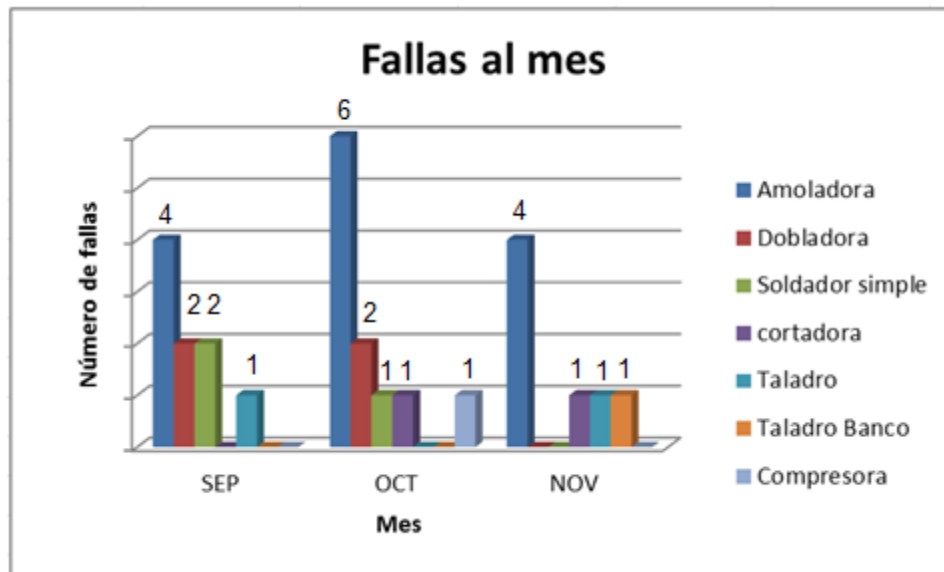


Gráfico 6. Fallas al mes

Fuente: elaboración propia

En el gráfico se muestra el total de fallas al mes por equipo y resaltando en la barra de color azul, la amoladora como equipo con mayor número de fallas detectadas.

Del total de 27 fallas detectadas en 12 semanas, se evidencio que los equipos del tipo amoladoras (pulido y corte) son los equipos con mayor número de incidencias, seguido de la dobladora de metal.

Tiempo de cada falla

El procedimiento para tratar cada falla en la empresa SERTES SAC de cualquier equipo, es de 7.5 horas puesto que al ocurrir una falla el equipo es internado en el almacén prácticamente hasta el día siguiente o en el mejor de los casos es una avería fácil de tratar y se soluciona en horas, caso contrario se deja el análisis del porqué de las fallas hasta el próximo inicio de labores; donde a primeras horas del día siguiente se evalúa si la falla se puede corregir en el transcurso del día o se deriva a un técnico exterior para la corrección.

Tiempo promedio entre fallas

El promedio de fallas al mes de los diferentes equipos y maquinas es de 9

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo Total de Funcionamiento}}{\text{Numero de Fallas}}$$

$$\text{MTBF} = \text{Tiempo Promedio entre Fallas}$$

Tiempo Toal de Funcionamiento = 26 dias laborables x 7 horas diarias

$$\text{MTBF} = \frac{26 \times 7}{9} = 20.2 \cong \text{cada 20 horas}$$

Se calcula que cada 20 horas de operaciones debe fallar un equipo.

2.7.3.3.2 Determinar el área de estudio

Proceso critico

Para poder seleccionar el área de estudio o área critica que afecta directamente a la confiabilidad y cumplimiento de los procesos, se recurrió a la experiencia del grupo de trabajo para desarrollar una matriz de objetivos.

Los objetivos que tomamos fueron relacionados y obtenidos de los 5 primeros problemas que identifico el Pareto, los cuales son:

- a) Mejorar el mantenimiento
- b) Reducir el tradicionalismo
- c) Mejor gestión de insumos y repuestos
- d) Mejorar el estado de las herramientas
- e) Aumentar la confiabilidad de los equipo

Calificación de la matriz de objetivos (criticidad)

La matriz de objetivos tiene la función de confrontar variables con objetivos para poder hallar la criticidad, en este caso el proceso crítico.

Tabla 39. Criterio y partes de la matriz de objetivos

Criterio de evaluación	
0	ninguna repercusión
5	moderada repercusión
10	alta repercusión

Fuente: elaboración propia

El criterio de evaluación funciona dando puntuaciones como 0, 5 y 10 de acuerdo si el objetivo tiene un gran o menor impacto, cuando se confronta con los procesos.

Tabla 40. Criterio y partes de la matriz de objetivos

Partes	
TP	Total de Puntos ($TP = IP + RC + P$)
IP	Impacto del Producto
RC	Repercusión en el Cliente
P	Peso
ECP	Éxito a Corto Plazo
R	Recursos

Fuente: elaboración propia

Las variables de criterio están enfocadas a la calidad y el cumplimiento de los objetivos, y el puntaje obtenido será sumado por procesos, para hallar el proceso que tiene mayor impacto en el cumplimiento de los objetivos que han sido relacionados con los problemas identificados en el Pareto

Operación de la matriz

La forma de dar puntajes y la confrontación será demostrada en un ejemplo a continuación.

Ejemplo:

- Qué nivel de repercusión tiene **mejorar el mantenimiento en el proceso de medición?**

Obtuvo una calificación de 0, puesto que las herramientas utilizadas no están expuestas a un gran desgaste y el tiempo de uso es reducido.

- Qué nivel de repercusión tiene la **mejorar el mantenimiento en el proceso de pulido?**

Obtuvo una calificación de 10, puesto que las amoladoras (pulir y corte) son equipos expuestos a muchas horas diarias de esfuerzo.

Tabla 41. Matriz de objetivos

PROCESOS		OBJETIVO					IP	RC	P		TP
		a	b	c	D	e			ECP	R	
1	Medición	0	5	0	0	0	5	10	5	5	25
2	Modelado	0	5	5	0	0	10	5	5	5	25
3	Cortado	5	5	5	5	0	20	0	5	5	30
4	Dolado	10	10	10	5	10	45	5	5	10	65
5	Soldado	10	5	10	5	5	35	10	5	5	55
6	Pulido	10	10	10	10	10	50	5	5	10	70
7	pintado	5	0	5	5	0	15	10	5	5	35

Fuente: elaboración propia

Luego de operar la matriz se procede hacer la sumatoria de todos los puntos que suman 305 y dividirlos por el número de procesos que son 7, esta división nos arrojará un resultado el cual nos da un puntaje medio el cual lo usaremos como referencia para ubicar los procesos críticos en la matriz.

$$MCP = \frac{\sum TP}{N} = \frac{305}{7} = 43.6 \cong 44$$

La media de los procesos claves es 44, por lo tanto el proceso con mayor puntaje es el de **Pulido** con 70 puntos.



Figura 21. Fotografía: Proceso de pulido por desgaste

Fuente: elaboración propia

En la figura 27 y 28 se puede apreciar las dos tareas que se realizan en el área de pulido, la primera es el pulido por discos de desgaste el cual se utiliza para eliminar rebabas de la soldadura y el segundo es el pulido por frotación el cual es un acabado de las uniones exteriores.



Figura 22. Fotografía: Proceso de pulido por frotación

Fuente: elaboración propia

2.7.3.3.3 Descripción de modos

A continuación se expone una ficha de cada tipo de equipo, describiendo el modo de fallo de acuerdo a sus antecedentes, la designación de cada modo de falla (leyenda) y una imagen del equipo mostrando sus partes y la ubicación del modo de falla.

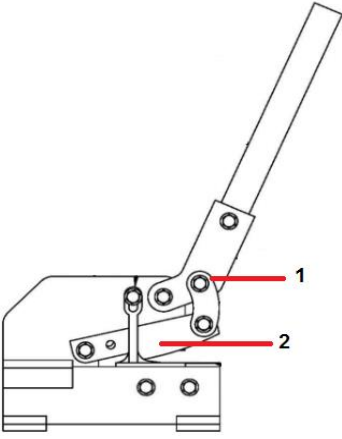
CIZALLA DE METAL MANUAL		
EQUIPO	LEYENDA	MODO DE FALLA
	1	Atascamiento de brazo
	2	Filo de hoja

Figura 23. Modos de falla de la cizalla de metal

Fuente: elaboración propia

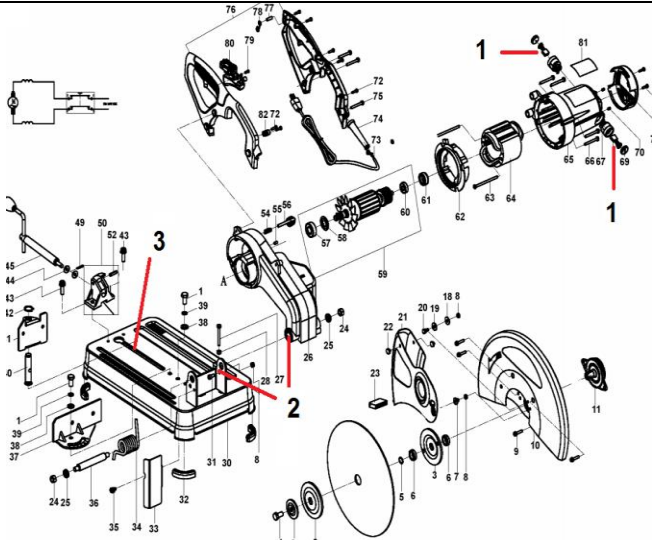
CORTADORA DE METAL		
EQUIPO	LEYENDA	MODO DE FALLA
	1	Carbones en mal estado
	2	Atascamiento de bisagra
	3	Desgaste de disco de la plataforma base

Figura 24. Modos de falla de la cortadora de metal

Fuente: elaboración propia

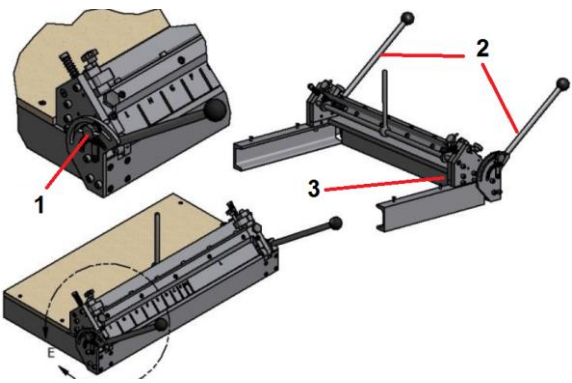
DOBLADORA DE METAL		
EQUIPO	LEYENDA	MODO DE FALLA
	1	Atascamiento de bisagra
	2	Atascamiento de brazo de acción
	3	Retenes en mal estado (parte posterior de la figura)

Figura 25. Modos de falla de la dobladora de metal

Fuente: elaboración propia

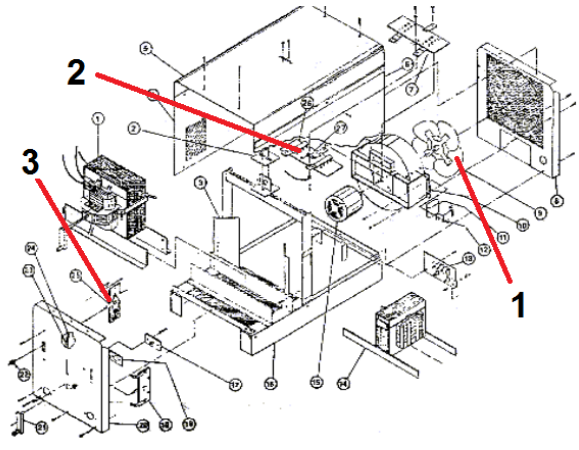
SOLDADOR MIG		
EQUIPO	LEYENDA	MODO DE FALLA
	1	Obstrucción en la ventilación
	2	Reguladores de voltaje
	3	Diodo rectificador abierto

Figura 26. Modos de falla de la soldadora mig

Fuente: elaboración propia

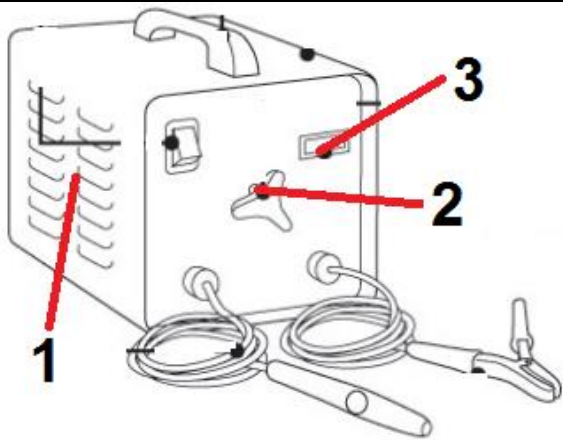
SOLDADOR SIMPLE		
EQUIPO	LEYENDA	MODOS DE FALLA
	1	Obstrucción en la ventilación
	2	Reguladores de voltaje
	3	Diodo rectificador abierto

Figura 27. Modos de falla de la soldadora simple

Fuente: elaboración propia

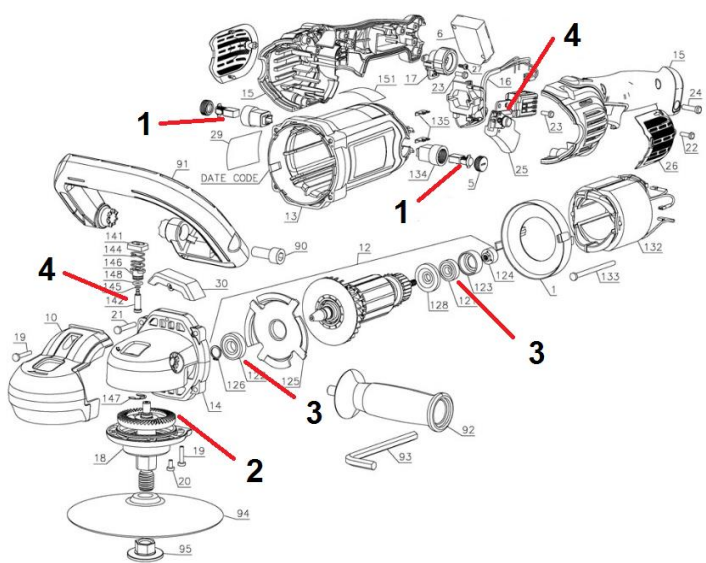
PULIDORA		
EQUIPO	LEYENDA	MODOS DE FALLA
	1	Carbones en mal estado
	2	Rodadura irregular
	3	Ludimiento de elementos
	4	Fatiga (elementos plásticos)

Figura 28. Modos de falla de la pulidora

Fuente: elaboración propia

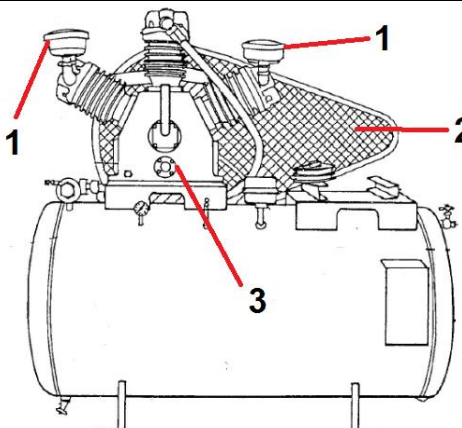
COMPRESORA		
EQUIPO	LEYENDA	MODO DE FALLA
	1	Filtro obstruido
	2	Templador suelto
	3	Bajo nivel de aceite

Figura 29. Modos de falla de la compresora

Fuente: elaboración propia.

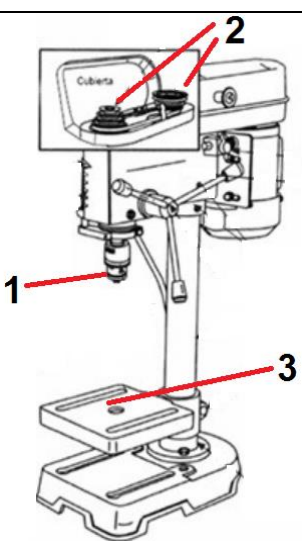
TALADRO DE BANCO		
EQUIPO	LEYENDA	MODO DE FALLA
	1	Mandril en mal estado
	2	Fajas sueltas (templador)
	3	Husillo en mal estado

Figura 30. Modos de falla del taladro de banco

Fuente: elaboración propia

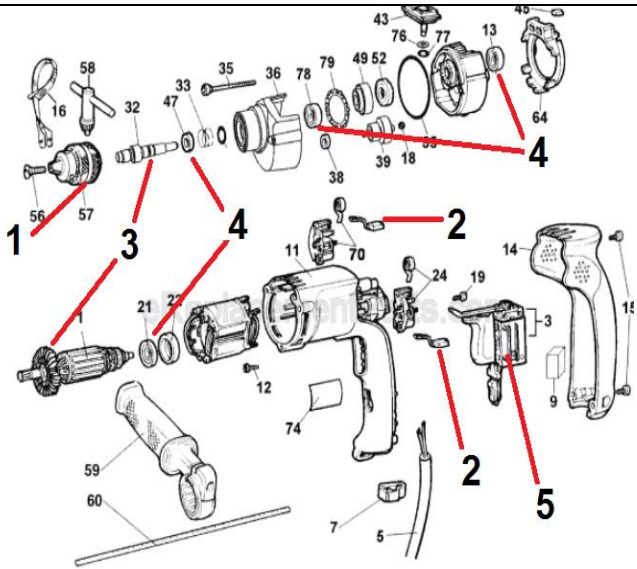
TALADRO		
EQUIPO	LEYENDA	MODO DE FALLA
	1	Mandril en mal estado
	2	Carbones en mal estado
	3	Rodadura irregular
	4	Ludimiento de elementos
	5	Fatiga (elementos plásticos)

Figura 31. Modos de falla del taladro

Fuente: elaboración propia

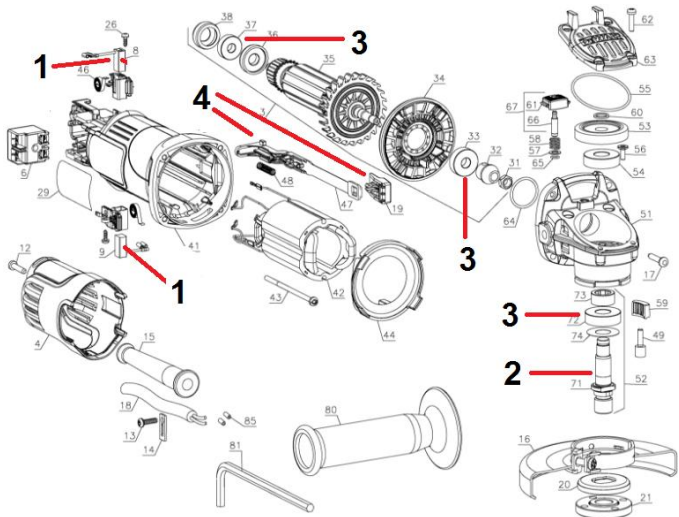
AMOLADORA DE CORTE		
EQUIPO	LEYENDA	MODO DE FALLA
	1	Carbones en mal estado
	2	Rodadura irregular
	3	Ludimiento de elementos
	4	Fatiga (elementos plásticos)

Figura 32. Modos de falla de la amoladora de corte

Fuente: elaboración propia

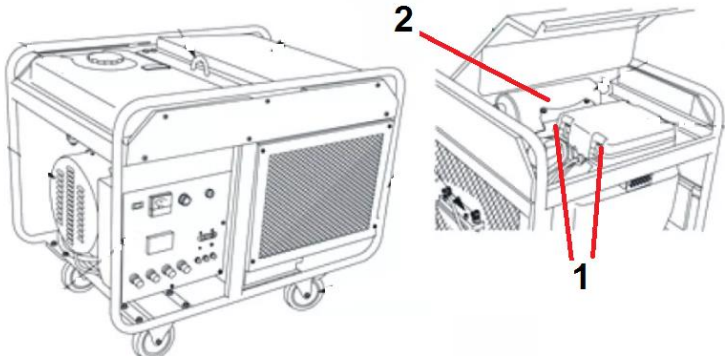
GENERADOR ELECTRICO		
EQUIPO	LEYENDA	MODO DE FALLA
	1	Bujías en mal estado
	2	Filtros de combustible y aire obstruidos Filo de hoja

Figura 33. Modos de falla del generador eléctrico

Fuente: elaboración propia

Como ejemplo de los modos de falla, en el caso de la cortadora de metal tenemos en la figura 34, los carbones en mal estado que corresponden a la leyenda número 1.



Figura 34. Fotografía: Modos de falla cortadora (carbónes en mal estado)

Fuente: elaboración propia

Como ejemplo de los modos de falla en el caso de la cortadora de metal; tenemos en la figura 35, atascamiento de bisagra que corresponden a la leyenda número 2.



Figura 35. Fotografía: Modos de falla cortadora (atascamiento de bisagras)

Fuente: elaboración propia

Como ejemplo de los modos de falla en el caso de la amoladora de corte; tenemos en la figura 36, rodadura irregular que corresponden a la leyenda número 2.

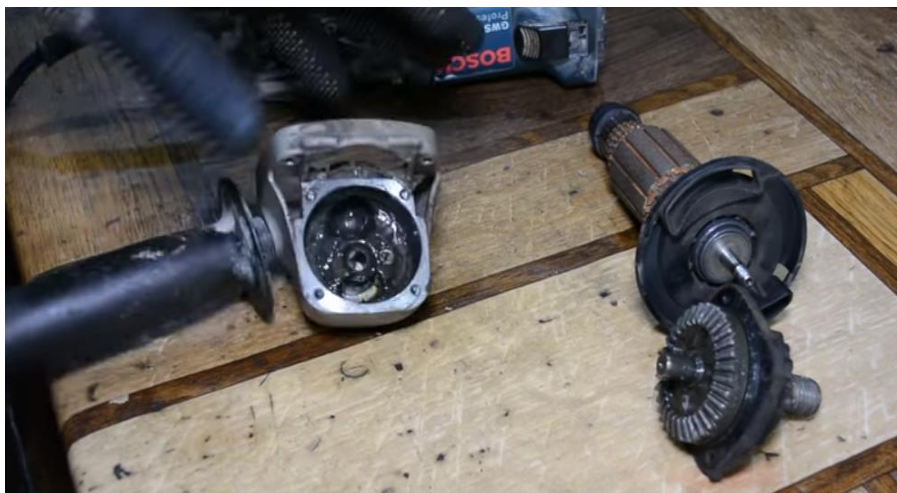


Figura 36. Fotografía: Modos de falla amoladora de corte (rodadura irregular)

Fuente: elaboración propia

Como ejemplo de los modos de falla en el caso de la amoladora de corte; tenemos en la figura 37, ludimiento de elementos que corresponden a la leyenda número 3.



Figura 37. Fotografía: Modos de falla amoladora de corte (ludimiento de elementos)

Fuente: elaboración propia

Como ejemplo de los modos de falla en el caso de la amoladora de corte; tenemos en la figura 38, fatiga de elementos plásticos que corresponden a la leyenda número 4.



Figura 38. Fotografía: Modos de falla amoladora de corte (Fatiga elementos plásticos)

Fuente: elaboración propia

2.7.3.3.4 Determinar efectos y consecuencias de las fallas

Después de identificar el proceso crítico y el equipo con mayor número de incidencias de fallas, se procede a realizar el análisis AMEF para obtener propuestas de mejora y tener un mayor entendimiento de los efectos de dichas fallas.

Análisis del Modo y Efectos de Falla (AMEF)

Con la matriz AMEF controlaremos y analizaremos los dos equipos críticos (amoladora de corte y pulidora) para encontrar sus fallas, causas y posibles soluciones. Como ambos equipos son fundamentalmente amoladoras los analizaremos por igual.

Calificación de matriz AMEF

La matriz AMEF es calificado siguiendo 3 criterios que son la severidad, ocurrencia y defectibilidad de alguna falla, a continuación se detallara cada criterio por separado.

Tabla 42. Grado de severidad

GRADO DE SEVERIDAD		
ASPECTO	RANGO	DESCRIPCIÓN
No	1	La severidad será medida de acuerdo a la información recolectada sobre el sujeto de análisis, la falla y sus efectos en el proceso u equipo.
Muy Poco	2	
Poco	3	
Menor	4	
Moderado	5	
Significativo	6	
Mayor	7	
Extremo	8	
Serio	9	
Peligroso	10	

Fuente: elaboración propia

Tabla 43. Grado de ocurrencia

VALORACIÓN DE OCURRENCIA			
OCURRENCIA	RANGO	POSIBILIDADES DE FALLO	DESCRIPCIÓN
Remota	1	1 en 1500000	La valoración es dada de acuerdo a la experiencia y apoyada por datos estadísticos que lo abalen.
Muy poca	2	1 en 1500000	
poca	3	1 en 30000	
moderado	4	1 en 4500	
	5	1 en 800	
	6	1 en 150	
alta	7	1 e 50	
	8	1 en 15	
Muy alta	9	1 en 6	
	10	1 en 3	

Fuente: elaboración propia

Tabla 44. Grado de detección

VALOR DE DETECCIÓN			
POSIBILIDAD	RANGO	POSIBILIDAD DE FALLA	DESCRIPCIÓN
Alta	1	99.99%	La valoración se da de acuerdo al funcionamiento de las técnicas de detección o inspección
Medianamente alta	1-5	99.7%	
Baja	6-8	98%	
Muy baja	9	90%	
Improbable	10	menor a 90%	

Fuente: elaboración propia

En la tabla 45 se muestra el resultado por la multiplicación de las calificaciones anteriores, dándonos como resultado el nivel de prioridad, el cual brinda un numero guía para comparar la prioridad a darle.

Tabla 45. Prioridad NPR

PRIORIDAD DE NPR		
NPR= OCURRENCIA*SEVERIDAD*DETECCIÓN		DESCRIPCIÓN
500-1000	Alto mayor de falla	Establecimiento de jerarquía del problema, obtenido por la multiplicación de la ocurrencia, severidad y detección.
125-499	Riesgo de falla medio	
1-124	Riesgo de falla baja	
0-1	No existe riesgo de falla	

Fuente: elaboración propia

Operación de la Matriz AMEF

Como ya se identificó anteriormente que el proceso critico era el de pulido, se procedió a analizar los equipos involucrados que son las amoladoras (pulido y corte).

Tabla 46. Matriz AMEF (AMOLADORA)

EQUIPO	FALLA	EFFECTOS	NIVEL DE SEVERIDADES	CAUSA	NIVEL DE OCURRENCIA	CONTROLES ACTUALES	NIVEL DE DETECCIÓN	RPN	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABLE
AMOLADORA	Recalentamiento y pérdida de fuerza operativa	Incremento de costo y cuellos de botella	7	Falta de mantenimiento	7	Inspección visual periódica	4	196	-implementar un plan de mantenimiento más accesible que aumente la confiabilidad	Supervisor del área de producción Norvy Chiroque Cruz
				Repuestos e insumos alternativos	5				-Usar insumos y repuesto originales, de mayor calidad	
				Fatiga de elementos	5				- implementar cronograma de recambios.	

Fuente: elaboración propia

El análisis de la matriz AMEF arroja un valor de 196 como numero prioritario de riesgo de falla media y determinando que la causa con el mayor puntaje son la falta de mantenimiento, seguido de repuestos e insumos alternativos, de igual manera la fatiga de elementos internos (plásticos) y la falta de mantenimiento con una ocurrencia alta.

2.7.3.4 Árbol lógico de fallas

En esta etapa se analizan las fallas y causas por niveles, describiendo las posibles combinaciones de falla que pueden producirse y a la vez un brindar un entendimiento a todo nivel que ayudara para la toma decisiones.

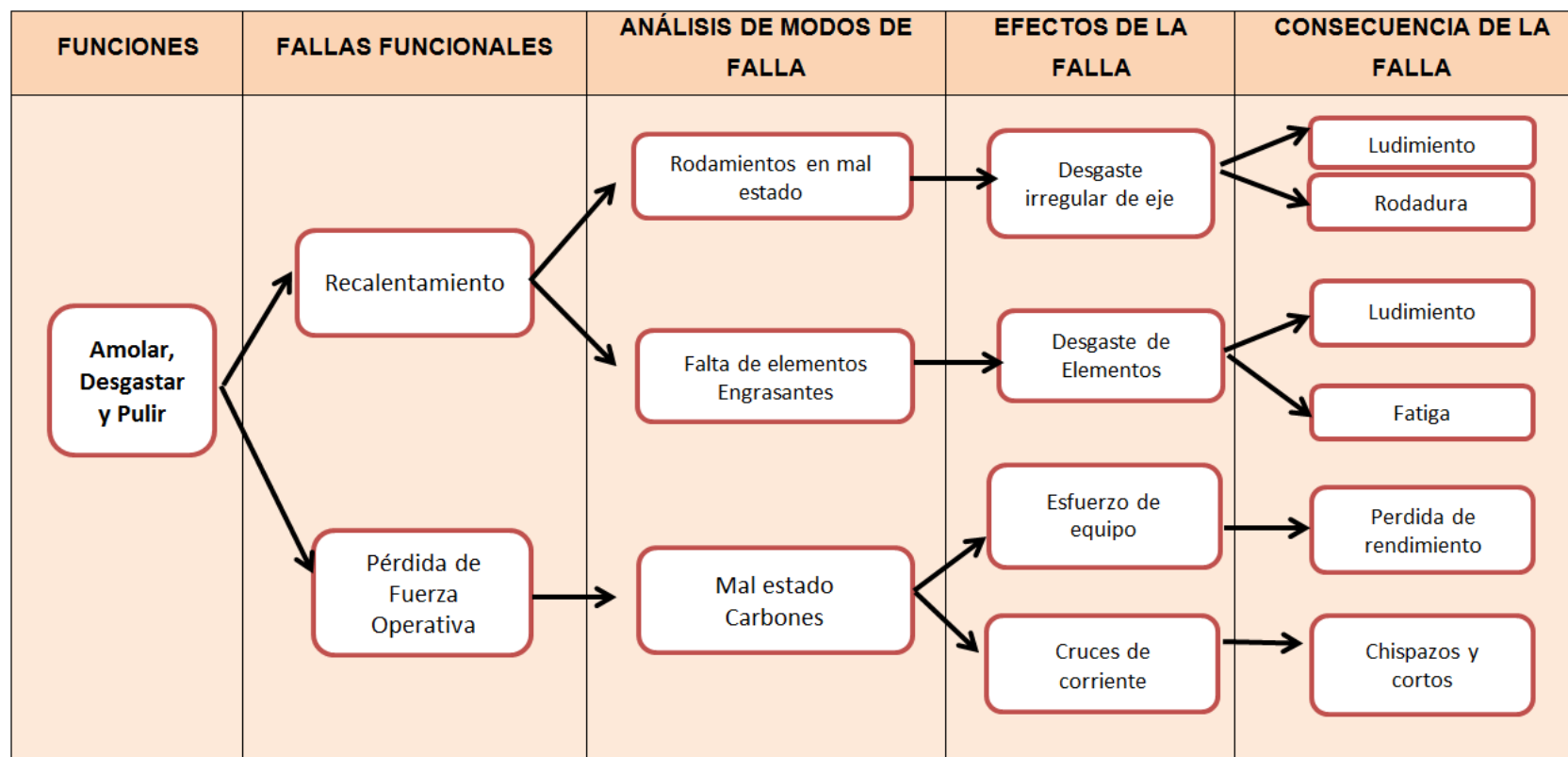


Figura 39. Árbol lógico de Fallas

Fuente: elaboración propia

Programa de mantenimiento A3

Programa de mantenimiento

Luego de analizar los procesos críticos y los equipos críticos que intervienen en dicho proceso, se procedió a redactar un plan de mantenimiento, previniendo los modos de falla detectados y creando un plan detallado para cada equipo.

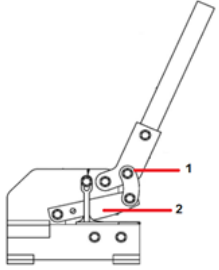
Lectura del programa de mantenimiento

Para poder entender el programa de mantenimiento se expone la siguiente imagen:

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO														
TEM	EQUIPO	CÓDIGO	2018											
			ENERO				FEBRERO				MARZO			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	CIZALLA DE METAL	AP-CIZ/MET 001	S	N	S	N	S	N	S	N	L 1	S	N	S
		AP-CIZ/MET 002	S	N	S	N	S	N	S	N	L 1	S	N	S
2	CORTADORA DE METAL	AP-COR/MET 001	S	N	S	N	L 2	S	N	S	N	S	N	L 2
		AP-COR/MET 002	S	N	S	N	L 2	S	N	S	N	S	N	L 2
3	DOBLADORA	AP-DOB/MET 001	S	N	S	N	S	N	S	L 2	L 1	S	N	C 3
4	SOLDADOR MIG	AP-SOL/MIG 001	S	N	A 1	S	N	S	N	S	N	S	N	C 2
		AP-SOL/MIG 002	S	N	A 1	S	N	S	N	S	N	S	N	C 2
		AP-SOL/SIM 001	S	N	S	N	S	N	S	C 2	S	N	S	S

Figura 40. Imagen del programa
Fuente: elaboración propia

L 2 = la letra L es tomada de la simbología del programa de mantenimiento y se adjunta al número 1 que es tomado del cuadro de modos de falla.

CIZALLA DE METAL MANUAL		
equipo	leyenda	Modo de Falla
	1	Atascamiento de brazo
	2	Filo de hoja

Fuente: elaboración propia

Figura 41. Modo de falla
Fuente: elaboración propia

En la imagen 42 podemos apreciar el cuadernillo donde se encuentra todo el programa de mantenimiento y formatos necesarios para su correcto seguimiento.

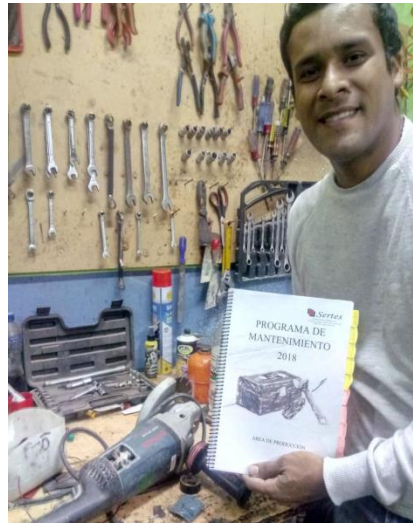


Figura 42. Cuadernillo del programa de mantenimiento (área producción)
Fuente: elaboración propia

Pla de mantenimiento

El plan de mantenimiento fue creado siguiendo los lineamientos del RCM y las tareas para evitar que sucedan los modos de falla, en total se redactó 35 planes de mantenimiento para cada uno de los equipos, de tal manera se pueda llevar un mejor control, el total de los planes se adjuntaran en anexos del presente trabajo.



Figura 43. Seguimiento del plan de mantenimiento (cambio de carbones)
Fuente: elaboración propia

Lectura del plan de mantenimiento

PLAN DE MANTENIMIENTO										
N°	equipo	código	OPERACIÓN	FRECUENCIA	2018			materiales		
					MES	SEMANA	FECHA DE OP.	herramientas	insumos	repuestos
23	AMOLADORA DE CORTE	AP-AMO/COR 001	C 1 = CAMBIO DE CARBONES	ANUAL	SET	4		desarmador alicate punta		carbones
			inspección general del equipo desmontar tapones de escobillas reemplazar carbones montar tapones de escobillas							
			M 2 = CAMBIO DE EJE DE TRANSMISIÓN							
			inspección general del equipo desmontar el cabezal verificar el desgaste del eje o cambio engrasar elementos montar cabezal	ANUAL	OCT	2		desarmador alicate de pinza llave allen	grasa	
			M 3 = CAMBIO DE RODADURAS							
			inspección general del equipo desmontar el cabezal desmontar el cuerpo de la amoladora verificar el desgaste de rodamientos o cambio engrasar elementos montado total del equipo							
				CUATRIMESTRAL	JUL	3		desarmador pinza llave allen impulsor	grasa	rodaje
					NOV	3				
			C 4 = CAMBIO DE ELEMENTOS DE ACCIONAMIENTO	ANUAL	OCT	4		desarmador llave allen pinza		gatillo de acción
			inspección general del equipo desmontar el cuerpo de la amoladora verificar el desgaste de gatillo plástico verificar desgaste de elem. de accionamiento montado total del equipo							
			L = LUBRICACIÓN							
			inspección general del equipo desmontar cuerpo de amoladora limpieza de elementos engrasar piñones aceitar rodajes montar amoladora	BIMESTRAL	ENE	4	26-ene	desarmador llave allen pinza	grasa aceite	
					MAY	4				
			MGA = mantenimiento general anual repetir todas las operaciones anteriores excepto C 1, M 2 Y C 4	ANUAL	MAR	4	09-mar	todas las anteriores	todas las anteriores	todas las anteriores

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	FECHA DE EMISIÓN:
Practicante ing Industrial		Sergio Babilon	
Cargo	Cargo	Cargo	
Practicante			01/01/2018
			PAGINA 23 DE 35

Figura 44. Ejemplo de plan de mantenimiento (amoladora de corte)

Fuente: elaboración propia

Las casillas son de fácil entendimiento y llenado, especificando las funciones herramientas, insumos y observaciones por fecha programada. También se utiliza los colores para poder especificar qué tipo de operación se va realizar:

L – Verde – Lubricación

M – Azul – Mecánico

A – Rojo – Aseo

C – Morado – Cambio de elemento

MGA – Amarillo – Mantenimiento General Anual

Sistema de soporte

El sistema de soporte son una serie de formatos eh información que permitirá llevar un control sobre el plan de programa de mantenimiento. Estos controles están contenidos en el cuadernillo de mantenimiento el cual contiene el programa de mantenimiento, el plan de mantenimiento, los manuales, repuestos e insumos

Cuadernillo de soporte

Este cuadernillo contiene el resto de los componentes del sistema de soporte, además de los formatos e información de las charlas y futuras charlas, de manera de llevar un registro detallado; su contenido es:

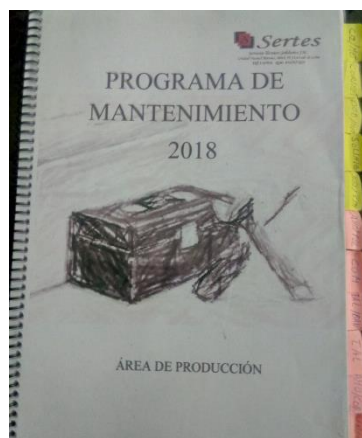


Figura 45. Cuadernillo de mantenimiento.

Fuente: elaboración propia

Otro formato incluido en el cuadernillo de mantenimiento es el formato de futuras programaciones, donde se anotan nuevos modos de falla o eventos que estén fuera del análisis del presente trabajo, dando lugar a observaciones y recomendaciones para futuras implementaciones.

Nº	FECHA DE OBSERVACIÓN	TIPO	CÓDIGO	OBSERVACIÓN	RECOMENDACIONES	RESPONSABLE
1	23/05/2018	COMPRESOR	AP-CCM-001	La faja presenta grietas.	Revisar la faja de transmisión y limpiar la faja del ventilador.	Procedente para mantenimiento
2	23/05/18	ventilador de agua	AP-CCM-002	Cable de energía cortado.	Reemplazar cable de energía.	Procedente
3	26/05/18	Grúa	AP-CCM-003	explota de la faja, como la de agua.	revisar la faja y limpiar el eje.	Procedente
4	05/06/18	Cuchara	AP-CCM-004	La cuchara se presenta.	Revisar la cuchara y la faja de la grúa.	Procedente
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Figura 46. Ficha de futuras programaciones

Fuente: elaboración propia

Otro formato incluido en el cuadernillo de mantenimiento es el formato de las capacitaciones, el cual puede se hace constancia de las capacitaciones realizadas y las futuras capacitaciones.

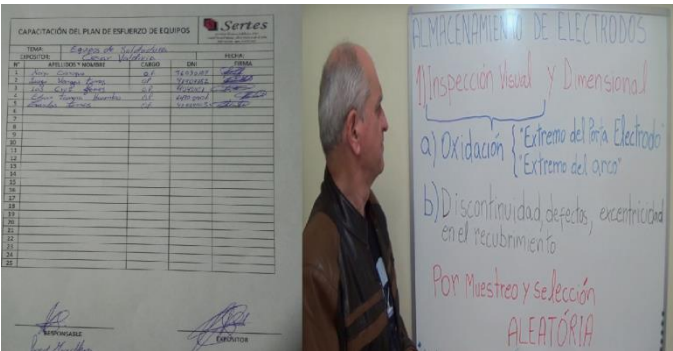


Figura 47. Capacitaciones (equipos de soldadura)

Fuente: elaboración propia



Figura 48. Capacitaciones (seguimiento del programa de mantenimiento)

Fuente: elaboración propia

Grasa sintética

El tipo de grasa recomendado para el servicio de lubricación, es la grasa sintética por su diseño de alto desempeño así sea en elementos comunes, su resistencia a la contaminación, su reducido desperdicio y por qué sus moléculas son más robustas y resistentes a la oxidación.

Manuales

Se muestra la portada de 4 manuales del usuario, mostrando el detalle que cada manual sirve para diferentes tipos de serie del mismo tipo de equipo; tenemos como ejemplo los manuales Dewalt y BOSCH que en su portada mencionan las diferentes series de fabricación, pero de un mismo tipo de equipo. El resto de manuales serán adjuntados en los anexos.

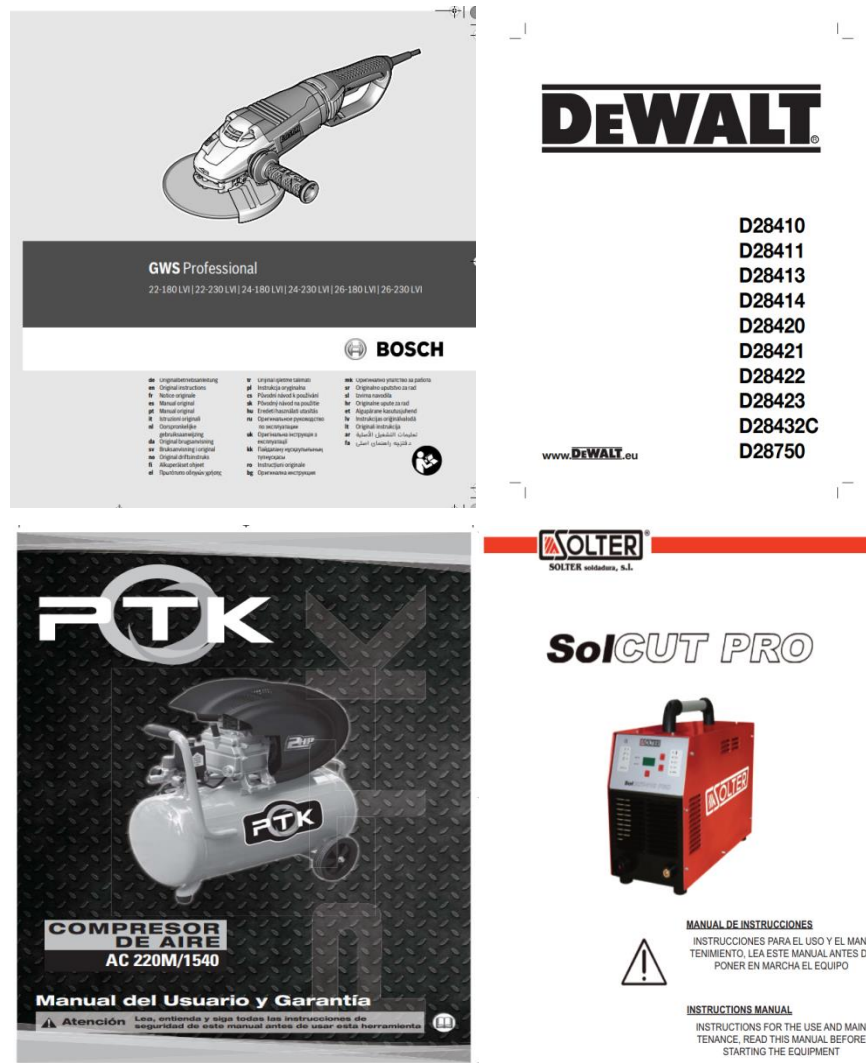


Figura 49. Manuales de usuario

Fuente: archivo de almacén, SERTES SAC

Repuestos

Para realizar el requerimiento de repuestos más adecuado, se recurrió al historial de fallas y los modos, de manera que se pudo adquirir un pequeño stock, tomando en cuenta la calidad de dichos repuestos. A continuación se mencionara algunos de los repuestos más

utilizados en el mantenimiento de los equipos.

Uno de los modos que afectan a las amoladoras (corte y pulido) como también al taladro es fatiga (elementos plásticos). En todos los elementos plásticos y en especial en los gatillos de accionamiento.



Figura 50. Gatillos de accionamiento AS 207 -208

Fuente: elaboración propia

El problema más frecuente en las amoladoras (corte y pulido) es el ludimiento de elementos de rodadura, como son los rodamientos, los cuales pueden ser causantes de la vibración y recalentamiento de los equipos.



Figura 51. Rodamientos 3x10x4

Fuente: elaboración propia

La mayoría de los equipos eléctricos utilizan el movimiento del eje, generado por el bobinado, pero para poder realizar la transferencia de energía se necesita unas escobillas o carbones los cuales cuando se encuentran en mal estado pueden generar pérdidas de potencia en los equipos.

Figura 52. Carbones 5x8x12mm




Figura 52. Carbones 5x8x12mm

Fuente: elaboración propia

2.7.4. Resultados de la implementación

Para poder comprender los resultados utilizamos como referencia 12 semanas (3 meses) correspondientes a los meses de Febrero, Marzo y Abril de 2018 y analizamos los modos de falla detectados.


Tabla 47. Modos de Febrero

CONTROL MENSUAL DE EQUIPOS					 <i>Sertes</i> <i>Servicios Técnicos Solidarios S.A.C.</i> <i>Unidad Vecinal Mirones, Block 50-J Cercado de Lima</i> <i>Télf: 3365926 Rpm: #945057629</i>	
Área :		Producción		Mes:	FEBRERO	
Encargado:		Practicante del área de mantenimiento				
N°	Fecha	Proceso	Equipo	Código	Modo de falla	Tiempo
1	10/02/2018	pulido	Amoladora	AP-AMO/PUL 004	Rodadura irregular	4 h.
2	17/02/2018	Pulido	Amoladora	AP-AMO/PUL 010	Rodadura irregular	4 h.
3	22/02/2018	soldado	Soldador mig	AP-SOL/MIG 001	Venilacion obstruida	4 h.
4	23/02/2018	pulido	Amoladora	AP-AMO/COR 011	Fatiga (elem. Plásticos)	6 h.

Fuente: elaboración propia

En el cuadro 47 nos muestra que en el mes de Febrero se detectó 4 fallas de equipos

Tabla 48. Modos de Marzo

CONTROL MENSUAL DE EQUIPOS					 <i>Sertes</i> <i>Servicios Técnicos Solidarios S.A.C.</i> <i>Unidad Vecinal Mirones, Block 50-J Cercado de Lima</i> <i>Télf: 3365926 Rpm: #945057629</i>	
Área :		Producción		Mes:	MARZO	
Encargado:		Practicante del área de mantenimiento				
N°	Fecha	Proceso	Equipo	Código	Modo de falla	Tiempo
1	10/03/2018	Pulido	amoladora	AP-AMO/PUL 003	Rodadura irregular	4 h.
2	12/03/2018	Cortado	cortadora	AP-COR/MET 002	Atascamiento de bisagra	3 h.

Fuente: elaboración propia

En el cuadro 48 nos muestra que en el mes de Marzo se detectó 2 fallas de equipos

Tabla 49. Modos de Abril

CONTROL MENSUAL DE EQUIPOS					 Sertes <i>Servicios Técnicos Solidarios S.A.C.</i> <i>Unidad Vecinal Mirones, Block 50-J Cercado de Lima</i> <i>Télf: 3365926 Rpm: #945057629</i>	
Área :		Producción		Mes:	ABRIL	
Encargado:		Practicante del área de mantenimiento				
N°	Fecha	Proceso	Equipo	Código	Modo de falla	Tiempo
1	12/04/2018	Cortado	Amoladora	AP-AMO/COR 012	Fatiga (elem. Plásticos)	4 h.
2	16/04/2018	Pulido	Amoladora	AP-AMO/PUL 002	Rodadura irregular	6 h.
3	20/04/2018	Doblado	Dobladora	AP-DOB/MET 001	Atascamiento de bisagra	2 h.
4	27/04/2018	Modelado	Taladro de banco	AP-TAL/BAN 001	Fajas sueltas	3 h.

Fuente: elaboración propia

Este cuadro nos muestra que en el mes de Abril se detectó 4 fallas de equipos

Resultados de las fallas

A continuación se operó las fallas encontradas en 12 semanas, analizando y calculando el promedio de horas y el promedio de fallas.

Tabla 50. Total de fallas

TOTAL DE FALLAS EN EQUIPOS							
N°	EQUIPO	FEB	MAR	ABR	TOTAL	HORAS	PROMEDIO
1	Amoladora	3	1	2	6	4	$3.3 \cong 4$
2	Dobladora	0	0	1	1		
3	Soldador Mig	1	0	0	1		
4	cortadora	0	1	0	1		
6	Taladro Banco	0	0	1	1		
TOTAL		4	2	4	10		

Fuente: Elaboración propia

La tabla número 50 nos especifica la cantidad de fallas ocurridas en un periodo de 3 meses es de 4 fallas al igual que las horas por cada falla.

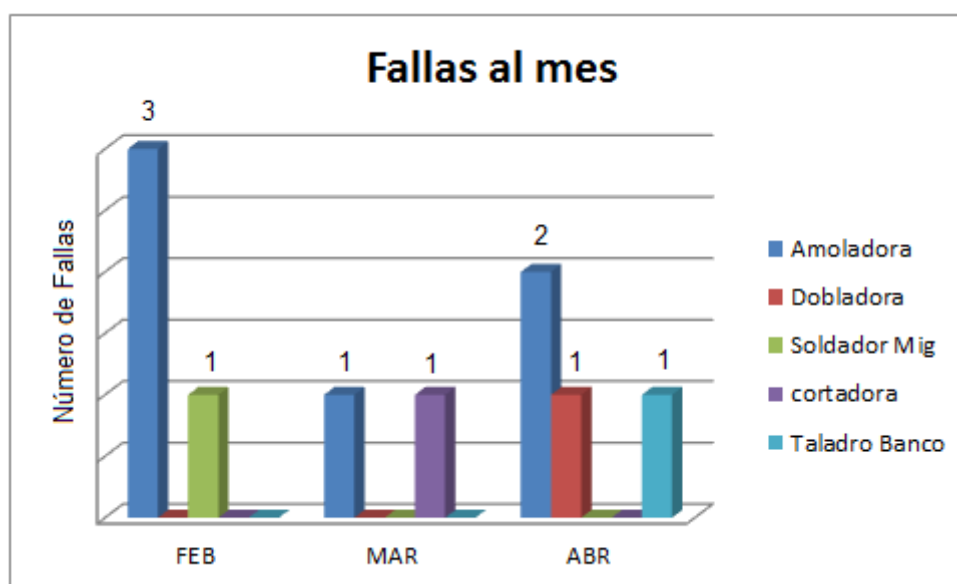


Gráfico 7. Fallas al mes

Fuente: elaboración propia

En el gráfico se muestra el total de fallas al mes por equipo y resaltando en la barra de color azul, la amoladora como equipo con mayor número de fallas detectadas.

Del total de 10 fallas detectadas en 12 semanas, se evidencio que los equipos del tipo amoladoras (pulido y corte) son los equipos con mayor número de incidencias.

Tiempo promedio entre fallas

El promedio de fallas en los 3 meses fue de 4 fallas, ahora con este dato operamos el nuevo tiempo entre fallas.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo Total de Funcionamiento}}{\text{Numero de Fallas}}$$

$$\text{MTBF} = \text{Tiempo Promedio entre Fallas}$$

$$\text{Tiempo Toal de Funcionamiento} = 26 \text{ dias laborables} \times 8 \text{ horas diarias}$$

$$\text{MTBF} = \frac{26 \times 7}{4} = 45.5 \cong \text{cada 46 horas}$$

Se calcula que cada 46 horas de operaciones debe fallar un equipo.

Indicadores

La forma en que se midió los indicadores es semanal, recopilando datos como la demanda del mes, fecha de realización del tablero, fecha de las fallas, tiempo de fabricación del tablero, tiempo de la falla, días laborables, horas disponibles y de funcionamiento; mediante dos formatos llamados:

- “registro de confiabilidad y disponibilidad” (Variable Independiente)
- “registro de eficiencia, eficacia y productividad” (Variable Dependiente)

Variable Independiente

El periodo de estudio es de 12 semanas (3 meses) correspondientes a los meses de Febrero, Marzo y Abril.

Las fórmulas de Confiabilidad y Disponibilidad se encuentran descritas dentro del registro.


Tabla 51. Registro de Confiabilidad y Disponibilidad (Febrero 2018)

REGISTRO DE CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD							Sertes <small>Servicios Técnicos Solidarios S.A.C. Unidad Vecinal Mitones, Bloque 50-J Cercado de Lima Telf: 3365926 Rpm: 0945057629</small>																						
Responsable:		Fred Alexander Marchena Sosa					Fecha de Actualización:		28/02/2018																				
Datos:																													
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Días laborables</td><td>24</td></tr> <tr><td>Horas de funcionamiento</td><td>7</td></tr> <tr><td>Días por semana</td><td>6</td></tr> <tr><td>Horas Disponibles</td><td>8</td></tr> </table>					Días laborables	24	Horas de funcionamiento	7	Días por semana	6	Horas Disponibles	8			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Demanda de tableros</td><td>21</td></tr> <tr><td>Producidos</td><td>20</td></tr> <tr><td>Tercerizados</td><td>1</td></tr> <tr><td>Fallas</td><td>4</td></tr> </table>					Demanda de tableros	21	Producidos	20	Tercerizados	1	Fallas	4
Días laborables	24																												
Horas de funcionamiento	7																												
Días por semana	6																												
Horas Disponibles	8																												
Demanda de tableros	21																												
Producidos	20																												
Tercerizados	1																												
Fallas	4																												
Formulación:																													
$MTBF = \frac{\text{Horas Funcionamiento} * \text{Días por semana}}{\text{Número de fallas}}$							$MUT = \frac{\text{Horas Disponibles} * \text{Días por semana}}{\text{Número de fallas}}$																						
$MTTR = \frac{\text{Sumatoria del Tiempo}}{\text{Número de fallas}}$							$\text{Disponibilidad} = \frac{MUT}{(MUT + MTTR)}$																						
$\text{Confiabilidad} = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)}$																													
FICHA DE CONTROL																													
FEBRERO																													
N° días	Días lab.	Fecha	Und	Tiempo	Fallas	Horas	MTBF	MTTR	Confiabilidad	MUT	Disponibilidad																		
1	1	Jue. 01/02/2018																											
2	2	Vie. 02/02/2018																											
3	3	Sab. 03/02/2018																											
4		Dom. 04/02/2018																											
5	4	Lun. 05/02/2018	Tablero 1	9.6			42	4	91.30	48	92.31																		
6	5	Mar. 06/02/2018	Tablero 2	10.2																									
7	6	Mie. 07/02/2018																											
8	7	Jue. 08/02/2018	Tablero 3	9.8																									
9	8	Vie. 09/02/2018	Tablero 4	10																									
10	9	Sab. 10/02/2018	Tablero 5	9.2	Falla	4	42	4	91.30	48	92.31																		
11		Dom. 11/02/2018																											
12	10	Lun. 12/02/2018	Tablero 6	9.5																									
13	11	Mar. 13/02/2018																											
14	12	Mie. 14/02/2018	Tablero 7	10																									
15	13	Jue. 15/02/2018	Tablero 8	10.2			42	4	91.30	48	92.31																		
16	14	Vie. 16/02/2018	Tablero 9	9.8																									
17	15	Sab. 17/02/2018	Tablero 10	9.5	Falla	4																							
18		Dom. 18/02/2018																											
19	16	Lun. 19/02/2018	Tablero 11	9.2			21	5	80.77	24	82.76																		
20	17	Mar. 20/02/2018	Tablero 12	10																									
21	18	Mie. 21/02/2018																											
22	19	Jue. 22/02/2018	Tablero 13	9.8	Falla	4																							
23	20	Vie. 23/02/2018	Tablero 15	9.8	Falla	6																							
24	21	Sab. 24/02/2018	Tablero 16	9.8			42	0	100	48	100																		
25		Dom. 25/02/2018																											
26	22	Lun. 26/02/2018																											
27	23	Mar. 27/02/2018	Tablero 17	10.2																									
28	24	Mie. 28/02/2018	Tablero 18	10.1																									

Firma y Sello del Gerente

Fuente: elaboración propia

Tabla 52. Registro de Confiabilidad y Disponibilidad (Marzo 2018)

REGISTRO DE CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD	 Sertes <small>Servicios Técnicos Solidarios S.A.C. Unidad Vicalma Miraflores, 3850, 50-J Cercado de Lima Telf: 3365926 - Rpm: #945057629</small>
---	---

Responsable: Fred Alexander Marchena Sosa

Fecha de Actualización: 31/03/2018

Datos:

Días laborables	24
Horas de funcionamiento	7
Días por semana	6
Horas Disponibles	8

Demanda de tableros	20
Producidos	20
Tercerizados	0
Fallas	2

Formulación:

MTBF = (Horas Funcionamiento * Días por semana) / Número de fallas
MTTR = Sumatoria del Tiempo / Número de fallas
Confiabilidad = MTBF / (MTBF + MTTR)


MUT = (Horas Disponibles * Días por semana) / Número de fallas
Disponibilidad = MUT / (MUT + MTTR)

FICHA DE CONTROL											
MARZO											
N° días	Días lab.	Fecha	Und	Tiempo	Fallas	Horas	MTBF	MTTR	Confiabilidad	MUT	Disponibilidad
1	1	Jue. 01/03/2018	Tablero 19	9.6							
2	2	Vie. 02/03/2018									
3	3	Sab. 03/03/2018	Tablero 20	9.2							
4		Dom. 04/03/2018									
5	4	Lun. 05/03/2018	Tablero 1	10.5			42	4	91.30	48	92.31
6	5	Mar. 06/03/2018	Tablero 2	9.5							
7	6	Mie. 07/03/2018	Tablero 3	10							
8	7	Jue. 08/03/2018	Tablero 4	9.5							
9	8	Vie. 09/03/2018									
10	9	Sab. 10/03/2018	Tablero 5	11	Falla	4					
11		Dom. 11/03/2018					42	3	93.33	48	94.12
12	10	Lun. 12/03/2018	Tablero 6	9.3							
13	11	Mar. 13/03/2018	Tablero 7	9.5							
14	12	Mie. 14/03/2018			Falla	3					
15	13	Jue. 15/03/2018	Tablero 8	9.1							
16	14	Vie. 16/03/2018	Tablero 9	9.4							
17	15	Sab. 17/03/2018	Tablero 10	9.2			42	0	100	48	100
18		Dom. 18/03/2018									
19	16	Lun. 19/03/2018	Tablero 11	9.5							
20	17	Mar. 20/03/2018	Tablero 12	9.5							
21	18	Mie. 21/03/2018	Tablero 13	9.5							
22	19	Jue. 22/03/2018	Tablero 14	9							
23	20	Vie. 23/03/2018					42	0	100	48	100
24	21	Sab. 24/03/2018	Tablero 15	10.2							
25		Dom. 25/03/2018									
26	22	Lun. 26/03/2018	Tablero 16	9.2							
27	23	Mar. 27/03/2018	Tablero 17	9.1							
28	24	Mie. 28/03/2018	Tablero 18	9.5							
29	25	Jue. 29/03/2018					42	0	100	48	100
30	26	Vie. 30/03/2018	Tablero 19	10							
31	27	Sab. 31/03/2018	Tablero 20	9.5							

Firma y Sello del Gerente

Fuente: elaboración propia

Tabla 53. Registro de Confiabilidad y Disponibilidad (Abril 2018)

REGISTRO DE CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD							 <small>Sertes Servicios Técnicos Solidarios S.R.L. Unidad Vitoral/Miomas, Blvd. 50-3 Cercado de Lima Telf: 3365926 Rpm: 945057629</small>																				
Responsable:		Fred Alexander Marchena Sosa					Fecha de Actualización:		29/04/2018																		
Datos:		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Días laborables</td><td>24</td></tr> <tr><td>Horas de funcionamiento</td><td>7</td></tr> <tr><td>Días por semana</td><td>6</td></tr> <tr><td>Horas Disponibles</td><td>8</td></tr> </table>					Días laborables	24	Horas de funcionamiento	7	Días por semana	6	Horas Disponibles	8	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Demanda de tableros</td><td>23</td></tr> <tr><td>Producidos</td><td>22</td></tr> <tr><td>Tercerizados</td><td>1</td></tr> <tr><td>Fallas</td><td>3</td></tr> </table>					Demanda de tableros	23	Producidos	22	Tercerizados	1	Fallas	3
Días laborables	24																										
Horas de funcionamiento	7																										
Días por semana	6																										
Horas Disponibles	8																										
Demanda de tableros	23																										
Producidos	22																										
Tercerizados	1																										
Fallas	3																										
Formulación:																											
$MTBF = (\text{Horas Funcionamiento} * \text{Días por semana}) / \text{Número de fallas}$							$MUT = (\text{Horas Disponibles} * \text{Días por semana}) / \text{Número de fallas}$																				
$MTTR = \text{Sumatoria del Tiempo} / \text{Número de fallas}$							$\text{Disponibilidad} = MUT / (MUT + MTTR)$																				
$\text{Confiabilidad} = MTBF / (MTBF + MTTR)$																											
FICHA DE CONTROL																											
ABRIL																											
N° días	Días lab.	Fecha	Und	Tiempo	Fallas	Horas	MTBF	MTTR	Confiabilidad	MUT	Disponibilidad																
1		Dom. 01/04/2018																									
2	1	Lun. 02/04/2018																									
3	2	Mar. 03/04/2018	Tablero 1	9.5																							
4	3	Mie. 04/04/2018	Tablero 2	9.2																							
5	4	Jue. 05/04/2018	Tablero 3	9																							
6	5	Vie. 06/04/2018	Tablero 4	9.8																							
7	6	Sab. 07/04/2018	Tablero 5	9.1																							
8		Dom. 08/04/2018																									
9	7	Lun. 09/04/2018	Tablero 6	10																							
10	8	Mar. 10/04/2018	Tablero 7	9.2																							
11	9	Mie. 11/04/2018	Tablero 8	9.3																							
12	10	Jue. 12/04/2018			falla	4																					
13	11	Vie. 13/04/2018	Tablero 9	10.3																							
14	12	Sab. 14/04/2018	Tablero 10	9.2																							
15		Dom. 15/04/2018																									
16	13	Lun. 16/04/2018	Tablero 11	9.5	falla	6																					
17	14	Mar. 17/04/2018	Tablero 12	9.5																							
18	15	Mie. 18/04/2018	Tablero 13	9.5																							
19	16	Jue. 19/04/2018	Tablero 14	9.2																							
20	17	Vie. 20/04/2018	Tablero 15	10	falla	3																					
21	18	Sab. 21/04/2018	Tablero 16	9.4																							
22		Dom. 22/04/2018																									
23	19	Lun. 23/04/2018	Tablero 17	9.2																							
24	20	Mar. 24/04/2018	Tablero 18	10																							
25	21	Mie. 25/04/2018	Tablero 19	9.6																							
26	22	Jue. 26/04/2018	Tablero 20	9.2																							
27	23	Vie. 27/04/2018	Tablero 21	9.5	falla	2																					
28	24	Sab. 28/04/2018	Tablero 22	9.2																							
29		Dom. 29/04/2018																									
30	25	Lun. 30/04/2018																									

Firma y Sello del Gerente

Fuente: elaboración propia

Resultados de la variable independiente

A continuación se expone un resumen de los 3 registros de Confiabilidad y Disponibilidad; especificando el porcentaje calculado por cada una de las 12 semanas.

Tabla 54. Resultados de la Variable Independiente (Después)

MES	SEMANA	CONFIABILIDAD	DISPONIBILIDAD
FEBRERO	1	91.3%	92.3%
	2	91.3%	92.3%
	3	80.7%	82.8%
	4	100%	100%
MARZO	5	91.3%	92.3%
	6	93.3%	94.1%
	7	100%	100%
	8	100%	100%
ABRIL	9	100%	100%
	10	91.3%	92.2%
	11	82.4%	84.2%
	12	95.4%	96%

Fuente: Elaboración propia

La Confiabilidad promedio calculada de un periodo de 12 semanas es de 93.1 %

La Disponibilidad promedio calculada de un periodo de 12 semanas es de 93.9 %

Variable Dependiente

Las fórmulas de Eficiencia, Eficacia y productividad se encuentran descritas dentro del registro.

Tabla 55. Registro de Eficiencia, Eficacia y productividad (Febrero 2018)


REGISTRO DE EFICIENCIA, EFICACIA Y PRODUCTIVIDAD								 <small>SERVICIOS TÉCNICOS SOLIDARIOS S.A.C. Unidad Vecinal Miraflores, Block 50-J Cercado de Lima Telf: 3363926 Rpm: #943057629</small>			
Responsable:		Fred Alexander Marchena Sosa				Fecha de Actualización:		28/02/2018			
Datos:											
Demanda		21		Días Por Semana		6		Semanas		4	
Por Semana		5		Horas de Funcionamiento		7					
Formulación:											
Tableros por Semana = Por Semana = Demanda / Semanas H. Estimadas = (Horas de Funcionamiento * Dias por Semana) / Tableros por Semana H. Promedio Real = Sumatoria de Tiempos / Cantidad de Tableros elaborados								Eficiencia = H. Estimadas / H. Promedio Real Eficacia = Cantidad de Tableros Elaborados / Tableros por Semana Productividad = Eficiencia * Eficacia			

FICHA DE CONTROL												
FEBRERO												
N° días	Días lab.	Fecha	Und	Tiempo	Falla	Horas	Tableros x sem	H. estimadas	H. promedio real.	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
1	1	Jue. 01/02/2018										
2	2	Vie. 02/02/2018										
3	3	Sab. 03/02/2018										
4		Dom. 04/02/2018										
5	4	Lun. 05/02/2018	Tablero 1	9.6			5	8.4	9.76	86.07	1	86.07
6	5	Mar. 06/02/2018	Tablero 2	10.2								
7	6	Mie. 07/02/2018										
8	7	Jue. 08/02/2018	Tablero 3	9.8								
9	8	Vie. 09/02/2018	Tablero 4	10								
10	9	Sab. 10/02/2018	Tablero 5	9.2	Falla	4						
11		Dom. 11/02/2018										
12	10	Lun. 12/02/2018	Tablero 6	9.5			5	8.4	9.8	85.71	1	85.71
13	11	Mar. 13/02/2018										
14	12	Mie. 14/02/2018	Tablero 7	10								
15	13	Jue. 15/02/2018	Tablero 8	10.2								
16	14	Vie. 16/02/2018	Tablero 9	9.8								
17	15	Sab. 17/02/2018	Tablero 10	9.5	Falla	4						
18		Dom. 18/02/2018										
19	16	Lun. 19/02/2018	Tablero 11	9.2			5	8.4	9.72	86.42	1	86.42
20	17	Mar. 20/02/2018	Tablero 12	10								
21	18	Mie. 21/02/2018										
22	19	Jue. 22/02/2018	Tablero 13	9.8	Falla	4						
23	20	Vie. 23/02/2018	Tablero 15	9.8	Falla	6						
24	21	Sab. 24/02/2018	Tablero 16	9.8								
25		Dom. 25/02/2018										
26	22	Lun. 26/02/2018					5	8.4	9.375	89.60	1	89.60
27	23	Mar. 27/02/2018	Tablero 17	9.5								
28	24	Mie. 28/02/2018	Tablero 18	9.2								

Firma y Sello del Gerente

Fuente: Elaboración propia


Tabla 56. Registro de Eficiencia, Eficacia y productividad (Marzo 2018)

REGISTRO DE EFICIENCIA, EFICACIA Y PRODUCTIVIDAD							 <small>Sertes Servicios Técnicos Solidarios S.A.C. Unidad Vecinal Miraflores, Bloque 50-3 Cercado de Lima Telf: 3365926 Rpm: #945057629</small>											
Responsable:		Fred Alexander Marchena Sosa			Fecha de Actualización:		31/03/2018											
Datos: <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 10px;"> <tr><td>Demanda</td><td>20</td></tr> <tr><td>Por Semana</td><td>5</td></tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 10px;"> <tr><td>Días Por Semana</td><td>6</td></tr> <tr><td>Horas de Funcionamiento</td><td>7</td></tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table;"> <tr><td>Semanas</td><td>4</td></tr> </table>									Demanda	20	Por Semana	5	Días Por Semana	6	Horas de Funcionamiento	7	Semanas	4
Demanda	20																	
Por Semana	5																	
Días Por Semana	6																	
Horas de Funcionamiento	7																	
Semanas	4																	
Formulación: <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 10px;"> <tr><td>Tableros por Semana = Por Semana = Demanda / Semanas</td></tr> <tr><td>H. Estimadas = (Horas de Funcionamiento * Días por Semana) / Tableros por Semana</td></tr> <tr><td>H. Promedio Real = Sumatoria de Tiempos / Cantidad de Tableros elaborados</td></tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table;"> <tr><td>Eficiencia = H. Estimadas / H. Promedio Real</td></tr> <tr><td>Eficacia = Cantidad de Tableros Elaborados / Tableros por Semana</td></tr> <tr><td>Productividad = Eficiencia * Eficacia</td></tr> </table>							Tableros por Semana = Por Semana = Demanda / Semanas	H. Estimadas = (Horas de Funcionamiento * Días por Semana) / Tableros por Semana	H. Promedio Real = Sumatoria de Tiempos / Cantidad de Tableros elaborados	Eficiencia = H. Estimadas / H. Promedio Real	Eficacia = Cantidad de Tableros Elaborados / Tableros por Semana	Productividad = Eficiencia * Eficacia						
Tableros por Semana = Por Semana = Demanda / Semanas																		
H. Estimadas = (Horas de Funcionamiento * Días por Semana) / Tableros por Semana																		
H. Promedio Real = Sumatoria de Tiempos / Cantidad de Tableros elaborados																		
Eficiencia = H. Estimadas / H. Promedio Real																		
Eficacia = Cantidad de Tableros Elaborados / Tableros por Semana																		
Productividad = Eficiencia * Eficacia																		
FICHA DE CONTROL																		
MARZO																		
N° días	Días lab.	Fecha	Und	Tiempo	Falla	Horas	Tableros x sem	H. estimadas	H. promedio real.	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD						
1	1	Jue. 01/03/2018	Tablero 19	9.6														
2	2	Vie. 02/03/2018																
3	3	Sab. 03/03/2018	Tablero 20	9.2														
4		Dom. 04/03/2018																
5	4	Lun. 05/03/2018	Tablero 1	10.5														
6	5	Mar. 06/03/2018	Tablero 2	9.5														
7	6	Mie 07/03/2018	Tablero 3	10														
8	7	Jue. 08/03/2018	Tablero 4	9.5			5	8.4	8.42	99.80	1	99.80						
9	8	Vie. 09/03/2018																
10	9	Sab. 10/03/2018	Tablero 5	11	Falla	4												
11		Dom. 11/03/2018																
12	10	Lun. 12/03/2018	Tablero 6	9.3														
13	11	Mar. 13/03/2018	Tablero 7	9.5														
14	12	Mie. 14/03/2018			Falla	3												
15	13	Jue. 15/03/2018	Tablero 8	9.1			5	8.4	9.3	90.32	1	90.32						
16	14	Vie. 16/03/2018	Tablero 9	9.4														
17	15	Sab. 17/03/2018	Tablero 10	9.2														
18		Dom. 18/03/2018																
19	16	Lun. 19/03/2018	Tablero 11	9.5														
20	17	Mar. 20/03/2018	Tablero 12	9.5														
21	18	Mie. 21/03/2018	Tablero 13	9.5														
22	19	Jue. 22/03/2018	Tablero 14	9			5	8.4	9.54	88.05	1	88.05						
23	20	Vie. 23/03/2018																
24	21	Sab. 24/03/2018	Tablero 15	10.2														
25		Dom. 25/03/2018																
26	22	Lun. 26/03/2018	Tablero 16	9.2														
27	23	Mar. 27/03/2018	Tablero 17	9.1														
28	24	Mie. 28/03/2018	Tablero 18	9.5														
29	25	Jue. 29/03/2018					5	8.4	9.46	88.79	1	88.79						
30	26	Vie. 30/03/2018	Tablero 19	10														
31	27	Sab. 31/03/2018	Tablero 20	9.5														

Firma y Sello del Gerente

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57. Registro de Eficiencia, Eficacia y productividad (Abril 2018)

REGISTRO DE EFICIENCIA, EFICACIA Y PRODUCTIVIDAD								 <small>Servicios Técnicos Solidarios S.R.L. Unidad Vecinal Miraflores, 8606 E-30-3 Cercado de Lima Telf: 3363926 Rpm: #943057629</small>											
Responsable:		Fred Alexander Marchena Sosa				Fecha de Actualización:		29/04/2018											
Datos: <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 10px;"> <tr><td>Demanda</td><td>23</td></tr> <tr><td>Por Semana</td><td>6</td></tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 10px;"> <tr><td>Días Por Semana</td><td>6</td></tr> <tr><td>Horas de Funcionamiento</td><td>7</td></tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table;"> <tr><td>Semanas</td><td>4</td></tr> </table>										Demanda	23	Por Semana	6	Días Por Semana	6	Horas de Funcionamiento	7	Semanas	4
Demanda	23																		
Por Semana	6																		
Días Por Semana	6																		
Horas de Funcionamiento	7																		
Semanas	4																		
Formulación:						<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td> Tableros por Semana = Por Semana = Demanda / Semanas H. Estimadas = (Horas de Funcionamiento * Días por Semana) / Tableros por Semana H. Promedio Real = Sumatoria de Tiempos / Cantidad de Tableros elaborados </td> <td> Eficiencia = H. Estimadas / H. Promedio Real Eficacia = Cantidad de Tableros Elaborados / Tableros por Semana Productividad = Eficiencia * Eficacia </td> </tr> </table>				Tableros por Semana = Por Semana = Demanda / Semanas H. Estimadas = (Horas de Funcionamiento * Días por Semana) / Tableros por Semana H. Promedio Real = Sumatoria de Tiempos / Cantidad de Tableros elaborados	Eficiencia = H. Estimadas / H. Promedio Real Eficacia = Cantidad de Tableros Elaborados / Tableros por Semana Productividad = Eficiencia * Eficacia								
Tableros por Semana = Por Semana = Demanda / Semanas H. Estimadas = (Horas de Funcionamiento * Días por Semana) / Tableros por Semana H. Promedio Real = Sumatoria de Tiempos / Cantidad de Tableros elaborados	Eficiencia = H. Estimadas / H. Promedio Real Eficacia = Cantidad de Tableros Elaborados / Tableros por Semana Productividad = Eficiencia * Eficacia																		
FICHA DE CONTROL																			
ABRIL																			
N° días	Días lab.	Fecha	Und	Tiempo	Falla	Horas	Tableros x sem	H. estimadas	H. promedio real.	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD							
1		Dom. 01/04/2018																	
2	1	Lun. 02/04/2018																	
3	2	Mar. 03/04/2018	Tablero 1	9.1															
4	3	Mie. 04/04/2018	Tablero 2	9.2															
5	4	Jue. 05/04/2018	Tablero 3	9															
6	5	Vie. 06/04/2018	Tablero 4	8.7															
7	6	Sab. 07/04/2018	Tablero 5	9.1															
8		Dom. 08/04/2018																	
9	7	Lun. 09/04/2018	Tablero 6	9															
10	8	Mar. 10/04/2018	Tablero 7	9.2															
11	9	Mie. 11/04/2018	Tablero 8	9															
12	10	Jue. 12/04/2018			falla	4													
13	11	Vie. 13/04/2018	Tablero 9	9															
14	12	Sab. 14/04/2018	Tablero 10	9.2															
15		Dom. 15/04/2018																	
16	13	Lun. 16/04/2018	Tablero 11	9	falla	6													
17	14	Mar. 17/04/2018	Tablero 12	9															
18	15	Mie. 18/04/2018	Tablero 13	9.5															
19	16	Jue. 19/04/2018	Tablero 14	9.2															
20	17	Vie. 20/04/2018	Tablero 15	10	falla	3													
21	18	Sab. 21/04/2018	Tablero 16	9.4															
22		Dom. 22/04/2018																	
23	19	Lun. 23/04/2018	Tablero 17	9.2															
24	20	Mar. 24/04/2018	Tablero 18	8.5															
25	21	Mie. 25/04/2018	Tablero 19	9															
26	22	Jue. 26/04/2018	Tablero 20	9.2															
27	23	Vie. 27/04/2018	Tablero 21	9	falla	2													
28	24	Sab. 28/04/2018	Tablero 22	8.4															
29		Dom. 29/04/2018																	
30	25	Lun. 30/04/2018																	

Firma y Sello del Gerente

Fuente: Elaboración propia

Resultados de la variable Dependiente

A continuación se expone un resumen de los 3 registros de Eficiencia, Eficacia y productividad; especificando el porcentaje calculado por cada una de las 12 semanas.

Tabla 58. Resultados de la Variable Dependiente (Despues)

MES	SEMANA	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
FEBRERO	1	86.1%	100%	86.1%
	2	85.7%	100%	85.7%
	3	86.4%	100%	86.4%
	4	89.6%	100%	89.6%
MARZO	5	99.8%	100%	99.8%
	6	90.3%	100%	10.3%
	7	88.1%	100%	88.1%
	8	88.8%	100%	88.8%
ABRIL	9	77.6%	83%	64.7%
	10	77.1%	83%	64.2%
	11	74.9%	100%	74.9%
	12	78.8%	100%	78.8%

Fuente: Elaboración propia

La Eficiencia promedio calculada de un periodo de 12 semanas es de 85.3 %

La Eficacia promedio calculada de un periodo de 12 semanas es de 97 %

La Productividad promedio calculada de un periodo de 12 semanas es de 76 %

Resultados del RCM

Luego de la implementación del RCM para aumentar la productividad del área de producción de tableros, se obtuvieron los siguientes resultados:

Indicadores

Ahorro

Numero de fallas

Tiempo medio entre fallas

Promedio de producción de tableros

Indicadores

A continuación se expondrá el promedio obtenido durante los 12 meses de pre-test y post-test. De confiabilidad, disponibilidad, eficiencia, eficacia y productividad.

Tabla 59. Resultados promedio

PROMEDIO (12 SEMANAS)		
INDICADOR	ANTES	DESPUÉS
Confiabilidad	72 %	93.1%
Disponibilidad	75%	93.9%
Eficiencia	73.2%	85.3%
Eficacia	74.4%	97%
Productividad	55.25	76%

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar un notable incremento en los indicadores en especial de productividad, donde se demuestra como utilizando la técnica del RCM, podemos realizar un apropiado programa y plan de mantenimiento, que al aumentar el rendimiento de todos los equipos y por ende la productividad.

Ahorro

Para poder explicar el ahorro se expone la siguiente tabla, donde se detalla la cantidad de tableros tercerizados antes y después.

Tabla 60. Resultados Ahorro

MES		TABLEROS TERCERIZADOS	COSTO DE TABLERO TERCERIZADO	TOTAL
ANTES	MES 1	3	S/. 2,050.00	S/. 6,150.00
	MES 2	4	S/. 2,050.00	S/. 8,200.00
	MES 3	1	S/. 2,050.00	S/. 2,050.00
	TOTAL			S/.16,400.00
DESPUES	MES 1	1	S/. 2,050.00	S/. 2,050.00
	MES 2	0	S/. 2,050.00	S/. 0
	MES 3	1	S/. 2,050.00	S/. 2,050.00
	TOTAL			S/. 4,100.00

Fuente: Elaboración propia

Al aumentar la productividad del área de producción de tableros, disminuye el número de tableros que son tercerizados cada mes, dando un mayor margen de ganancia. La diferencia entre el antes y después es de S/. 12,300.00 El detalle de este ahorro esta adjuntado en anexos.

Promedio de fallas

Para obtener el resultado, utilizaremos los datos obtenidos en las fichas de control mensual del antes y después de la implementación.

Tabla 61. Resultados promedio de fallas

TIEMPO	NUMERO DE FALLAS PROMEDIO	
	ANTES	DESPUES
12 SEMANAS	9	3.3 \cong 4

Fuente: Elaboración propia

Tiempo medio entre falla

Se reflejó un aumento en el tiempo de horas que aproximadamente falla un equipo, antes cada 20 debía fallar un equipo, pero luego de la implementación aumento a cada 46 horas aproximadamente.

Tabla 62. Resultados tiempo medio

TIEMPO	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLA	
	ANTES	DESPUES
12 SEMANAS	20 horas	46 horas

Fuente: Elaboración propia

Promedio de producción

Al incrementar la confiabilidad y productividad del área de producción, se redujeron el tiempo de producción de cada tablero y a su vez aumento la cantidad de tableros que se pueden producir mensualmente.

Tabla 63. Resultados promedio producción

TIEMPO	PROMEDIO DE PRODUCCIÓN	
	ANTES	DESPUES
12 SEMANAS	17.6 \cong 18 tableros	20 tableros

Fuente: Elaboración propia

Imágenes de resultados

A continuación se mostrara algunos equipos mostrando su antes y después.

En la figura 53 se puede apreciar el estado interno del equipo (amoladoras corte y pulido) lleno de suciedad y limadura que puede provocar cortos y un desgaste de los elementos, en este caso el gatillo de accionamiento.

ANTES



DESPUES



Figura 53. Suciedad en los elementos

Fuente: Elaboración propia

En la figura 54 se aprecia en el antes, el estado en el que se encontraba la parte interior del cabezal donde va alojado el engrane de transmisión que se encuentra lleno de grasa y ludimiento que provoca el desgaste acelerado de los elementos y vibración del equipo.

ANTES



DESPUES



Figura 54. Ludimiento de engranes

Fuente: Elaboración propia

En la figura 55 se muestra el rotor lleno de ludimiento y suciedad el cual acelera el desgaste del bobinado de contacto, creando camas o pistas los cuales aceleran el desgaste de los carbones y la pérdida de potencia en el caso de contacto irregular.

ANTES



DESPUÉS



Figura 55. Ludimiento y fatiga de elementos

Fuente: Elaboración propia

2.7.5 Análisis Económico Financiero

Para poder entender de donde provienen los valores del análisis económico y financiero, a continuación se detallara los costos considerando el promedio de demanda que es de 21 tableros

Sustento de los costos variables (21 tableros)

El costo variable es la sumatoria de materia prima, mano de obra e insumos, que para un total de 21 tableros da como resultado S/. 28,256.00 y un costo variable unitario (21 und) de S/. 1,345.52.

Tabla 64. Sustento costo variable

MATERIA PRIMA

21 TABLEROS

el promedio de demanda mensual es de 21 tableros

MATERIA PRIMA	UND	PRECIO S/.	CANTIDAD	TOTAL S/.
lamina de acero 201 calibre 14 1.22 x 3.05	und	650	21	13650
angulo de acero 1 1/2 x 1/8 x 6 mt	und	125	21	2625
lamina de aluminio 1.2 x 2.4 x 2 mm	und	180	3	540
Esmalte sintetico	Gal	47	8	376
Electrodos punto azul	kg	290	2	580
Hilo de aluminio	Rollo	170	4	680
Arandelas, pernos y tuercas	kg	220	2	440

TOTAL MATERIA PRIMA	S/.	18891
---------------------	-----	-------

MANO DE OBRA

Incluido los beneficios sociales

PERSONAL	UND	SUELDO S/.	TOTAL S/.
Operario	3	1400	4200
Practicante Técnico	4	800	3200
Practicante Univesitario	1	400	400

TOTAL MANO DE OBRA	S/.	7800
--------------------	-----	------

INSUMOS

INSUMOS	COSTO	UND	TOTAL S/.
Disco de Pulido	15	6	90
Disco de corte	5	84	420
Disco de cortadora	50	1	50
brocas	65	1	65
otros			40
E. electrica			900

TOTAL DE INSUMOS	1565
------------------	------

COSTO VARIABLE	S/.
MATERIA PRIMA	18891
MANO DE OBRA	7800
INSUMOS	1565

COSTO VARIABLE UNITARIO	
$\frac{28256}{21 \text{ UND}} =$	1345.52

TOTAL DE COSTO VARIABLE	28256
-------------------------	-------

COSTO VARIABLE POR TABLERO S/.	1345.52
--------------------------------	---------

Fuente: Elaboración propia

Sustento costos fijos (21 tableros)

Dentro de los costos fijos tenemos los gastos administrativos, gastos de venta y depreciación. El total de los costos fijos (personal, alquiler, otros costos y mantenimiento) es de S/. 10,264.00

Tabla 65. Sustento costos fijos

COSTOS FIJOS

PERSONAL	SUELDO	UND	TOTAL S/.
GERENTE GENERAL	2500	1	2500
ASISTENTE DE GERENCIA	1500	1	1500
SUPERVISOR	1800	1	1800
CONTADOR	850	1	850
ASISTENTE ADMINISTRATIVO	1200	1	1200

TOTAL DE SUELDOS	S/.	7850
------------------	-----	------

OTROS COSTOS	S/.
ALQUILER DE LOCAL	1200
MANTENIMIENTO	214
SERVICIOS CONTRATADOS	100
SEGURIDAD	500
OTROS...	400

TOTAL OTROS COSTOS	2414
--------------------	------

MANTENIMIENTO	UND	S/.	TOTAL S/.
GRASA SINTETICA 453 GR	0.5	16	8
ACEITE PARA DORAMIENTOS	0.16	130	20.8
HIDROLINA	0.16	120	19.2
RODAMIENTOS 3X10X4MM	8	12	96
SERVICIOS CONTRATADOS	1		70

TOTAL DE MANTENIMIENTO	S/.	214
------------------------	-----	-----

TOTAL DE COSTOS FIJOS	10264
-----------------------	-------

Fuente: Elaboración propia.

Sustento gastos administrativos, venta y depreciación (21 tableros)

Tabla 66. Sustento gastos administrativos y venta

GASTOS ADMINISTRATIVOS	S/.
SERVICIOS	450
UTILES DE OFICINA	200
UTILES DE LIMPIEZA	200
MANTENIMIENTO DE OFICINA Y EQUIPOS	300
OTROS	500
TOTAL DE GASTOS ADMINISTRATIVOS	1650

GASTOS DE VENTAS	S/.
MOVILIDAD	200
TRANSPORTE	600
FUNDAS CORRUGADAS	200
OTROS	100
TOTAL GASTOS DE VENTAS	1100

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la depreciación se utilizó el método lineal que va en función del tiempo de uso y la cual fue dividida para obtener la depreciación mensual total, que es S/.413.00 mensuales.

Tabla 67. Sustento depreciación

$$DA = \frac{(P - VR)}{N}$$

DA Demanda anual
 P Precio de adquisición
 VR Precio de retorno
 N Años de vida
 DM Demanda mensual

DEPRECIACIÓN							
ITEM	P	VR	N	DA	DM	Nº EQUIPOS	TOTAL
CIZALLA	1800		15	120	10	2	20
CORTADORA	700		10	70	5.83	2	11.67
DOBLADORA	8000	2500	10	550	45.83	1	45.83
SOLDADOR MIG	69		10	6.9	0.58	2	1.15
SOLDADOR SIMPLE	1300		10	130	10.83	3	32.50
PULIDORA	470		3	156.67	13.06	5	65.28
COMPRESOR	1420		10	142	11.83	2	23.67
TALADRO DE BANCO	850		12	70.83	5.90	2	11.81
TALADRO	420		3	140	11.67	3	35.00
AMOLADORA	470		3	156.67	13.06	12	156.67
GENERADOR	1700		15	113.33	9.44	1	9.44
TOTAL DEPRECIACIÓN						S/.	413.01

Fuente: Elaboración propia

Sustento de la Inversión

La inversión inicial asciende a S/. 3,445.00 y fue realizada en el mes de Enero 2018.

Tabla 68. Sustento Inversión inicial

INVERSIÓN INICIAL	UND	S/.	TOTAL S/.
MANO DE OBRA	1	800	800
INSUMOS		265	265
FORMATOS		350	350
REPUESTOS			
GATILLOS AS 207-208	5	60	300
CARBONES 5 X 8 X12 MM	10	10	100
RODAMIENTOS 3 X 10 X 4 CM	10	15	150
SET DE HERRAMIENTAS MECANICAS 92 PIEZAS	1	230	230
RELOJ COMPARADOR	1	150	150
CALIBRADOR VERNIER DE ACERO 6"	1	30	30
TRANSPORTE		250	250
CPU Intel Core I3 / 4 GB		620	620
OTROS		200	200
TOTAL INVERSIÓN INICIAL			3445

Fuente: Elaboración propia

Sustento mantención de la implementación

El sustento de la inversión hace mención de mano de obra, la cual es S/.800.00 este monto no justifica la mano calificada, pero el practicante universitario al tener los conocimientos técnicos y ser egresado de SENATI tuvo un aumento de su inicial S/.400.00 y ahora asciende a S/. 1,200.00.

Tabla 69. Sustento mantención de la implementación

COSTO DE MANTENCIÓN DEL PLAN	S/.
MANTENCIÓN	800
FORMATOS	130
MOVILIDAD	400
OTROS	120
TOTAL DEL COSTO DE MANTENCIÓN	1450

Fuente: Elaboración propia

Flujo de caja 2017 (Antes)

Tabla 70. Flujo de caja antes

COSTO DE VENTA	2450																																														
COSTO VARIABLE UNITARIO 17 UND	1474.23																																														
COSTO VARIABLE UNITARIO 18 UND	1435.39																																														
COSTO VARIABLE UNITARIO 19 UND	1405.58																																														
COSTO VARIABLE UNITARIO 20 UND	1374.05																																														
COSTO VARIABLE UNITARIO 21 UND	1345.52																																														
COSTO VARIABLE UNITARIO 22 UND	1319.59																																														
COSTO VARIABLE UNITARIO 23 UND	1295.91																																														
COSTO VARIABLE UNITARIO 24 UND	1281.73																																														
COSTO POR TERCERIZAR	2050																																														
IMPUESTO A LA RENTA 30%	0.3																																														
PTU 10%	0.1																																														
IGV 18%	0.18																																														
2017																																															
ENE				FEB			MAR			ABR			MAY			JUN			JUL			AGO			SEP			OCT			NOV			DIC													
21				22			22			19			22			19			23			22			21			22			18			24													
F	18	T	3	F	17	T	5	F	18	T	4	F	19	T	0	F	18	T	4	F	19	T	0	F	19	T	4	F	18	T	4	F	18	T	3	F	17	T	5	F	17	T	1	F	18	T	6

VENTAS	S/. 51,450.00	S/. 53,900.00	S/. 53,900.00	S/. 46,550.00	S/. 53,900.00	S/. 46,550.00	S/. 56,350.00	S/. 53,900.00	S/. 51,450.00	S/. 53,900.00	S/. 44,100.00	S/. 58,800.00
COSTOS VARIABLES	S/. 25,837.02	S/. 25,061.91	S/. 25,837.02	S/. 26,706.02	S/. 25,837.02	S/. 26,706.02	S/. 26,706.02	S/. 25,837.02	S/. 25,837.02	S/. 25,061.91	S/. 25,061.91	S/. 25,837.02
COSTO POR TERCERIZAR	S/. 6,150.00	S/. 10,250.00	S/. 8,200.00	S/. 0.00	S/. 8,200.00	S/. 0.00	S/. 8,200.00	S/. 8,200.00	S/. 8,200.00	S/. 6,150.00	S/. 10,250.00	S/. 12,300.00
MARGEN DE CONTRIBUCIÓN	S/. 19,462.98	S/. 18,588.09	S/. 19,862.98	S/. 19,843.98	S/. 19,862.98	S/. 19,843.98	S/. 21,443.98	S/. 19,862.98	S/. 19,462.98	S/. 18,588.09	S/. 16,988.09	S/. 20,662.98
COSTOS FIJOS												
GASTOS ADMINISTRATIVOS	S/. 12,264.00	S/. 12,264.00	S/. 12,264.00	S/. 12,264.00	S/. 12,264.00	S/. 12,264.00	S/. 12,264.00	S/. 12,264.00	S/. 12,264.00	S/. 12,264.00	S/. 12,264.00	S/. 12,264.00
GASTOS DE VENTA	S/. 1,100.00	S/. 1,100.00	S/. 1,100.00	S/. 1,100.00	S/. 1,100.00	S/. 1,100.00	S/. 1,100.00	S/. 1,100.00	S/. 1,100.00	S/. 1,100.00	S/. 1,100.00	S/. 1,100.00
DEPRECIACIÓN	S/. 413.00	S/. 413.00	S/. 413.00	S/. 413.00	S/. 413.00	S/. 413.00	S/. 413.00	S/. 413.00	S/. 413.00	S/. 413.00	S/. 413.00	S/. 413.00
INVERSIÓN												
MANTENCIÓN												
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	S/. 5,685.98	S/. 4,811.09	S/. 6,085.98	S/. 6,066.98	S/. 6,085.98	S/. 6,066.98	S/. 7,666.98	S/. 6,085.98	S/. 5,685.98	S/. 4,811.09	S/. 3,211.09	S/. 6,885.98
IMPUESTO A LA RENTA 30%	S/. 1,705.79	S/. 1,443.33	S/. 1,825.79	S/. 1,820.09	S/. 1,825.79	S/. 1,820.09	S/. 2,300.09	S/. 1,825.79	S/. 1,705.79	S/. 1,443.33	S/. 963.33	S/. 2,065.79
PTU 10%	S/. 568.60	S/. 481.11	S/. 608.60	S/. 606.70	S/. 608.60	S/. 606.70	S/. 766.70	S/. 608.60	S/. 568.60	S/. 481.11	S/. 321.11	S/. 688.60
IGV 18%	S/. 1,023.48	S/. 866.00	S/. 1,095.48	S/. 1,092.06	S/. 1,095.48	S/. 1,092.06	S/. 1,380.06	S/. 1,095.48	S/. 1,023.48	S/. 866.00	S/. 578.00	S/. 1,239.48
UTILIDAD NETA	S/. 2,388.11	S/. 2,020.66	S/. 2,556.11	S/. 2,548.13	S/. 2,556.11	S/. 2,548.13	S/. 3,220.13	S/. 2,556.11	S/. 2,388.11	S/. 2,020.66	S/. 1,348.66	S/. 2,892.11

Fuente: Elaboración propia

Flujo de caja 2018 (Después)

Tabla 71. Flujo de caja después

COSTO DE VENTA	2450																												
COSTO VARIABLE UNITARIO 17 UND	1474.23																												
COSTO VARIABLE UNITARIO 18 UND	1435.39																												
COSTO VARIABLE UNITARIO 19 UND	1405.58																												
COSTO VARIABLE UNITARIO 20 UND	1374.05																												
COSTO VARIABLE UNITARIO 21 UND	1345.52																												
COSTO VARIABLE UNITARIO 22 UND	1319.59																												
COSTO VARIABLE UNITARIO 23 UND	1295.91																												
COSTO POR TERCERIZAR	2050																												
IMPUESTO A LA RENTA 30%	0.3																												
PTU 10%	0.1																												
IGV 18%	0.18																												
2018																													
ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN		JUL		AGO		SEP		OCT		NOV		DIC							
20		21		21		23		21		20																			
F	19	T	1	F	20	T	1	F	21	T	0	F	22	T	1	F	21	T	0	F		T	F		T	F		T	
VENTAS	S/. 49,000.00	S/. 51,450.00		S/. 51,450.00		S/. 56,350.00		S/. 51,450.00																					
COSTOS VARIABLES	S/. 26,706.02	S/. 27,481.00		S/. 28,255.92		S/. 29,030.98		S/. 28,255.92																					
COSTO POR TERCERIZAR	S/. 2,050.00	S/. 2,050.00		S/. 0.00		S/. 2,050.00		S/. 0.00																					
MARGEN DE CONTRIBUCIÓN	S/. 20,243.98	S/. 21,919.00		S/. 23,194.08		S/. 25,269.02		S/. 23,194.08																					
COSTOS FIJOS																													
GASTOS ADMINISTRATIVOS	S/. 11,914.00	S/. 11,914.00		S/. 11,914.00		S/. 11,914.00		S/. 11,914.00																					
GASTOS DE VENTA	S/. 1,100.00	S/. 1,100.00		S/. 1,100.00		S/. 1,100.00		S/. 1,100.00																					
DEPRECIACIÓN	S/. 413.00	S/. 413.00		S/. 413.00		S/. 413.00		S/. 413.00																					
INVERSIÓN	S/. 3,445.00																												
MANTENCIÓN		S/. 1,450.00		S/. 1,450.00		S/. 1,450.00		S/. 1,450.00																					
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	S/. 3,371.98	S/. 7,042.00		S/. 8,317.08		S/. 10,392.02		S/. 8,317.08																					
IMPUESTO A LA RENTA 30%	S/. 1,011.59	S/. 2,112.60		S/. 2,495.12		S/. 3,117.61		S/. 2,495.12																					
PTU 10%	S/. 337.20	S/. 704.20		S/. 831.71		S/. 1,039.20		S/. 831.71																					
IGV 18%	S/. 606.96	S/. 1,267.56		S/. 1,497.07		S/. 1,870.56		S/. 1,497.07																					
UTILIDAD NETA	S/. 1,416.23	S/. 2,957.64		S/. 3,493.17		S/. 4,364.65		S/. 3,493.17																					

Fuente: Elaboración propia

Análisis beneficio / costo (B/C)

Es el resultado de la suma total de ingresos entre el total de egresos, a continuación se detallara la fórmula:

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = \frac{\text{total de ingresos}}{\text{total de egresos}} = \frac{S/.51,450.00}{S/ : 44,597.92} = 1.1536$$

Si $BC > 1$ es rentable

Si $BC = 0$ reevaluar

Si $BC < 1$ rechazado

En el presente estudio se realiza el cálculo $B/C = 1.15\%$ por lo tanto se determina que la mejora es rentable porque su coeficiente es mayor a 1.

Interpretación: el análisis beneficio costo nos indica que por cada S/.1.00 invertido, se recuperara la inversión más S/.0.15 céntimos más. Evidenciando que el proyecto es rentable.

Tasa Interna de retorno (TIR)

Técnica por la que se evalúa las inversiones realizadas para medir la rentabilidad.

Si $TIR > \text{tasa de descuento}$ = si es viable el proyecto

Si $TIR = \text{tasa de descuento}$ = es indiferente, presenta riesgos

Si $TIR < \text{tasa de retorno}$ = no es viable el proyecto

El cálculo del TIR en este proyecto es de 631%, por lo tanto el proyecto es considerado rentable.

Interpretación: la tasa mínima aceptable de rendimiento es del 10%, pero en el cálculo del TIR se obtuvo 631%, siendo este última mayor se determina que el proyecto es rentable pues se asegura la recuperación de la tasa de rendimiento (inversión) y se asegura ganancias.

Valor actual neto (VAN)

Método para calcular el valor presente originado de la inversión.

Si $VAN > 0$ = es rentable

Si $VAN = 0$ = es postergado

Si $VAN < 0$ = no es rentable

El cálculo del Van en el proyecto dio un resultado de S/. 241,704.31 considerándose un proyecto rentable

Interpretación: El final del horizonte de análisis se obtiene un valor actual neto positivo, lo cual indica la recuperación de la inversión más ganancia de S/. 241,704.31 evidenciando que el proyecto es rentable.

Tabla 72. VAN y TIR

2018	MESES												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
VENTAS		S/. 51,450.00	S/. 51,450.00	S/. 51,450.00	S/. 51,450.00	S/. 51,450.00	S/. 51,450.00	S/. 51,450.00	S/. 51,450.00	S/. 51,450.00	S/. 51,450.00	S/. 51,450.00	S/. 51,450.00
COSTO VARIABLE		S/. 28,255.92	S/. 28,255.92	S/. 28,255.92	S/. 28,255.92	S/. 28,255.92	S/. 28,255.92	S/. 28,255.92	S/. 28,255.92	S/. 28,255.92	S/. 28,255.92	S/. 28,255.92	S/. 28,255.92
MARGEN DE CONTRIBUCIÓN		S/. 23,194.08	S/. 23,194.08	S/. 23,194.08	S/. 23,194.08	S/. 23,194.08	S/. 23,194.08	S/. 23,194.08	S/. 23,194.08	S/. 23,194.08	S/. 23,194.08	S/. 23,194.08	S/. 23,194.08
INVERSIÓN	S/. 3,445.00												
FNE	-S/. 3,445.00	S/. 21,744.08	S/. 21,744.08	S/. 21,744.08	S/. 21,744.08	S/. 21,744.08	S/. 21,744.08	S/. 21,744.08	S/. 21,744.08	S/. 21,744.08	S/. 21,744.08	S/. 21,744.08	S/. 21,744.08

VAN	S/. 20,142.03
TIR	631%

Fuente: Elaboración propia

III RESULTADOS

3.1 Análisis descriptivo

En el presente análisis se comparara los resultados del antes y después de la variable Independiente y Dependiente obtenidos en la empresa SERTES SAC. Y concluirá que la aplicación del RCM aumentara la productividad del área de producción de tableros.

3.1.1 Análisis de la Variable Independiente

A continuación se confrontaran los resultados del antes y después de la variable confiabilidad y disponibilidad.

A) Confiabilidad

En la siguiente tabla se expone el análisis de los datos con respecto a la confiabilidad

Tabla 73. Comparación de la confiabilidad a traves del SPSS

Descriptivos			Estadístico	Error típ.
Confiabilidad Antes	Media		,7200	,03228
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,6489	
		Límite superior	,7910	
	Media recortada al 5%		,7249	
	Mediana		,7371	
	Varianza		,013	
	Desv. típ.		,11181	
	Mínimo		,51	
	Máximo		,84	
	Rango		,33	
	Amplitud intercuartil		,19	
	Asimetría		-,775	,637
	Curtosis		-,548	1,232
Confiabilidad Despues	Media		,9309	,01900
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,8891	
		Límite superior	,9728	
	Media recortada al 5%		,9339	
	Mediana		,9232	
	Varianza		,004	
	Desv. típ.		,06582	
	Mínimo		,81	
	Máximo		1,00	
	Rango		,19	
	Amplitud intercuartil		,09	
	Asimetría		-,690	,637
	Curtosis		-,208	1,232

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 73. Se observa que la Media y Mediana (0.7200 y 0.7371 respectivamente) de la confiabilidad antes es menor a la media y mediana (0.9309 y 0.9232 respectivamente)

de la confiabilidad después; ambos estando en un intervalo de confianza del 95% y con la cantidad de 12 datos para ambos periodos; de igual forma Varianza antes y después es de 0.13 y 0.04 correspondientemente, la cual nos indica que la varianza después se encuentra más dispersa que la de su antecesora; es por ello que su Desviación Típica es de 0,11181 y 0,06582; siendo su Mínimo y Máximo del Antes (0.51 y 0,84 respectivamente) y el Después (2 y 42 correspondientemente); su Rango del antes y después (0,33 y 0.19 respectivamente) lo cual indica la cantidad de valores que toma la variable; no presenta Asimetría del Antes y Después es de -0.775 y -0.690 correspondientemente y finalizando con la curtosis del Antes y Después de -0.548 y -0,208 respectivamente, la cual indica que la curtosis del antes tiene mayor concentración de datos cerca de la media con respecto a la curtosis del después.

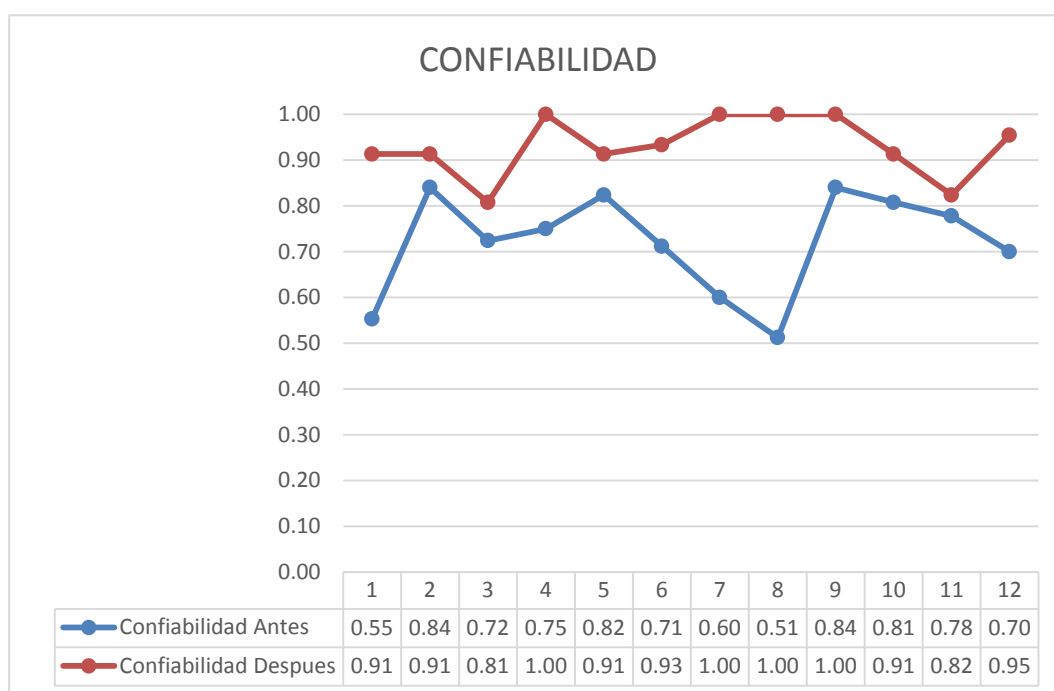


Gráfico 8. Comparación de la confiabilidad

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 8 se aprecia como la confiabilidad antes (azul) es menor a la confiabilidad después (rojo) a pesar, que la demanda es variable se sigue manteniendo por encima; debido al aumento de confiabilidad de equipos, siendo más productivos.

B) Análisis de la Disponibilidad

En la siguiente tabla se expone el análisis de los datos con respecto a la disponibilidad.

Tabla 74. Comparación de la disponibilidad a través del SPSS

Descriptivos			Estadístico	Error típ.
Disponibilidad Antes	Media		,7505	,02759
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,6898	
		Límite superior	,8112	
	Media recortada al 5%		,7538	
	Mediana		,7621	
	Varianza		,009	
	Desv. típ.		,09556	
	Mínimo		,59	
	Máximo		,86	
	Rango		,27	
	Amplitud intercuartil		,18	
	Asimetría		-,611	,637
	Curtosis		-,918	1,232
Disponibilidad Despues	Media		,9386	,01700
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,9012	
		Límite superior	,9760	
	Media recortada al 5%		,9414	
	Mediana		,9321	
	Varianza		,003	
	Desv. típ.		,05889	
	Mínimo		,83	
	Máximo		1,00	
	Rango		,17	
	Amplitud intercuartil		,08	
	Asimetría		-,719	,637
	Curtosis		-,156	1,232

Fuente: Elaboración propia

Se observa que la Media y Mediana (0,7505 y 0,7621 respectivamente) de la disponibilidad antes es menor a la media y mediana (0,986 y 0,9321 respectivamente) de la Disponibilidad después; ambos estando en un intervalo de confianza del 95% y con la cantidad de 12 datos para ambos periodos; de igual forma Varianza antes y después es de 0,009 y 0,003 correspondientemente, la cual nos indica que la varianza después se encuentra más dispersa que la de su antecesora; es por ello que su Desviación Típica es de

0,09556 y 0,05889; siendo su Mínimo y Máximo del Antes (0.59 y 0.86 respectivamente) y el Después (0.83 y 1 correspondientemente); su Rango del antes y después (0.27 y 0.17 respectivamente) lo cual indica la cantidad de valores que toma la variable; no presenta asimetría del Antes y Después es de -0,918 y -0.719 correspondientemente indicando que la dirección de su campana es más prolongada a la derecha y finalizando con la Curtosis del Antes y Después de -0,918 y -0.156 respectivamente, la cual indica que la curtosis del antes tiene menor concentración de datos cerca de la media con respecto a la curtosis del después.

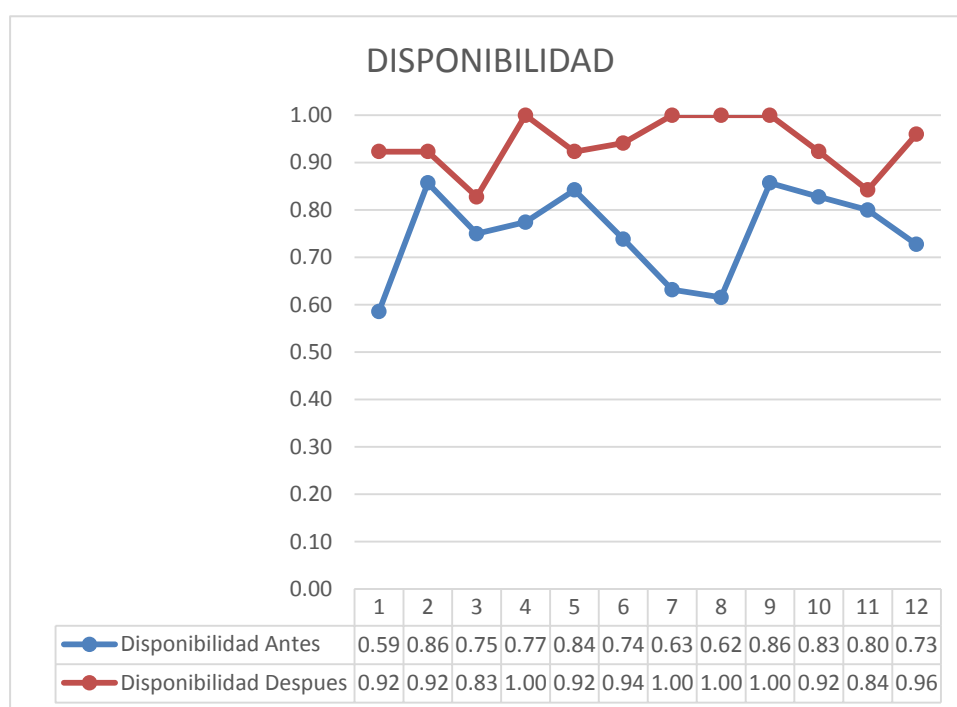


Gráfico 9. Comparación de la disponibilidad

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 9 se aprecia como la disponibilidad antes (azul) es menor a la disponibilidad después (rojo) a pesar, que la demanda es variable se sigue manteniendo por encima; debido al aumento de disponibilidad de equipos, siendo más productivos.

3.1.2 Análisis de la variable dependiente

Este análisis confrontara los resultados de antes y después de la variable dependiente.

A) Análisis de la Productividad

En la siguiente tabla se expone el análisis realizado a la productividad.

Tabla 75. Comparación de la Productividad a través del SPSS

Descriptivos			Estadístico	Error típ.
Productividad Antes	Media		,5528	,05178
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,4389	
		Límite superior	,6668	
	Media recortada al 5%		,5498	
	Mediana		,5494	
	Varianza		,032	
	Desv. típ.		,17936	
	Mínimo		,28	
	Máximo		,88	
	Rango		,59	
	Amplitud intercuartil		,20	
	Asimetría		,332	,637
	Curtosis		-,184	1,232
Productividad Después	Media		,8311	,03063
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,7637	
		Límite superior	,8985	
	Media recortada al 5%		,8323	
	Mediana		,8624	
	Varianza		,011	
	Desv. típ.		,10611	
	Mínimo		,64	
	Máximo		1,00	
	Rango		,36	
	Amplitud intercuartil		,14	
	Asimetría		-,726	,637
	Curtosis		,086	1,232

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 75 se puede comparar la media y mediana de la productividad antes (0.5528 y 0.5494) es menor a la productividad después (0.8311 y 0.8624) ambos gozando de un 95% de confianza y con un total de 12 datos para ambos periodos; de igual manera la varianza antes y después es de 0,32 y 0,11 correspondientemente, la cual nos indica que la varianza después se encuentra más dispersa que la de su antecesora; es por ello que su Desviación Típica es de 0,17936 y 0,10611; siendo su Mínimo y Máximo del Antes (0,22 y 0,88 respectivamente) y el Después (0,64 y 1,00 correspondientemente); su Rango del antes y después (0,59 y 0,36 respectivamente) lo cual indica la cantidad de valores que

toma la variable; la Asimetría del Antes y Después es de 0.332 y -0.726 correspondientemente indicando que la dirección de su campana es más prolongada a la izquierda y finalizando con la Curtósis del Antes y Después de -0.184 y 0.086 respectivamente, la cual indica que la curtósis del antes tiene menos concentración de datos cerca de la media con respecto a la curtósis del después.

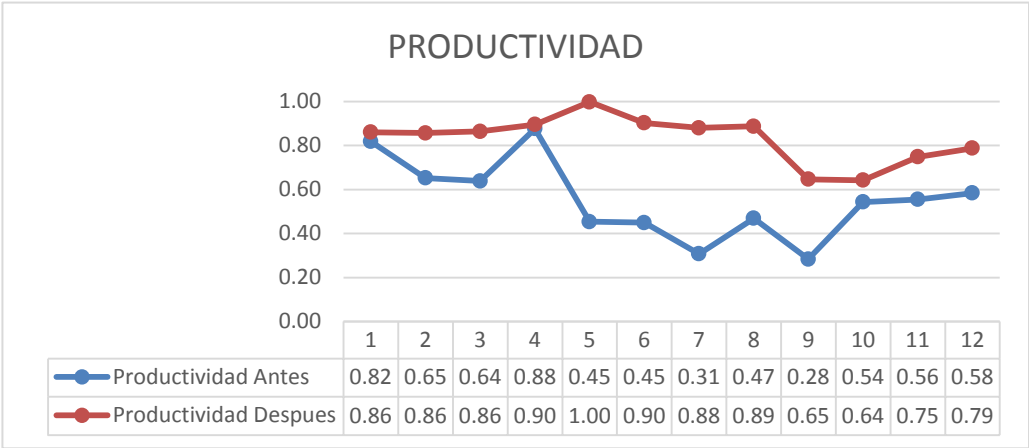


Gráfico 10. Comparación de la productividad

Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 10 se aprecia como la productividad antes (azul) es menor a la productividad después (rojo) a pesar, que la demanda es variable se sigue manteniendo por encima; debido al aumento de productividad de equipos, siendo más productivos.

B) Análisis de la Eficiencia

Tabla 75. Comparación de la eficiencia a través del SPSS

Descriptivos			Estadístico	Error típ.
Eficiencia Antes	Media		,7317	,02249
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,6822	
		Límite superior	,7812	
	Media recortada al 5%		,7301	
	Mediana		,7062	
	Varianza		,006	
	Desv. típ.		,07791	
	Mínimo		,62	
	Máximo		,88	
	Rango		,26	
	Amplitud intercuartil		,13	
	Asimetría		,532	,637
	Curtosis		-,645	1,232
Eficiencia Despues	Media		,8526	,02048
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,8075	
		Límite superior	,8977	
	Media recortada al 5%		,8503	
	Mediana		,8624	
	Varianza		,005	
	Desv. típ.		,07093	
	Mínimo		,75	
	Máximo		1,00	
	Rango		,25	
	Amplitud intercuartil		,11	
	Asimetría		,296	,637
	Curtosis		,152	1,232

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 75 se puede comparar la media y mediana de la eficiencia antes (0.7317 y 0.7062) es menor a la eficiencia después (0.8526 y 0.8624) ambos gozando de un 95% de confianza y con un total de 12 datos para ambos periodos; de igual manera la varianza antes y después es de 0,06 y 0,05 varianza después se encuentra más dispersa que la de su antecesora; es por ello que su Desviación Típica es de 0,07791 y 0,07093; siendo su Mínimo y Máximo del Antes (0.62 y 0,88 respectivamente) y el Después (0.75 y 1 correspondientemente); su Rango del antes y después (0,26 y 0.25 respectivamente) lo cual indica la cantidad de valores que toma la variable; no presenta Asimetría del Antes y Después es de 0.532 y 0.296 correspondientemente y finalizando con la curtosis del Antes y Después de -0.645 y 0.152 respectivamente, la cual indica que la curtosis del antes tiene mayor concentración de datos cerca de la media con respecto a la curtosis del después.

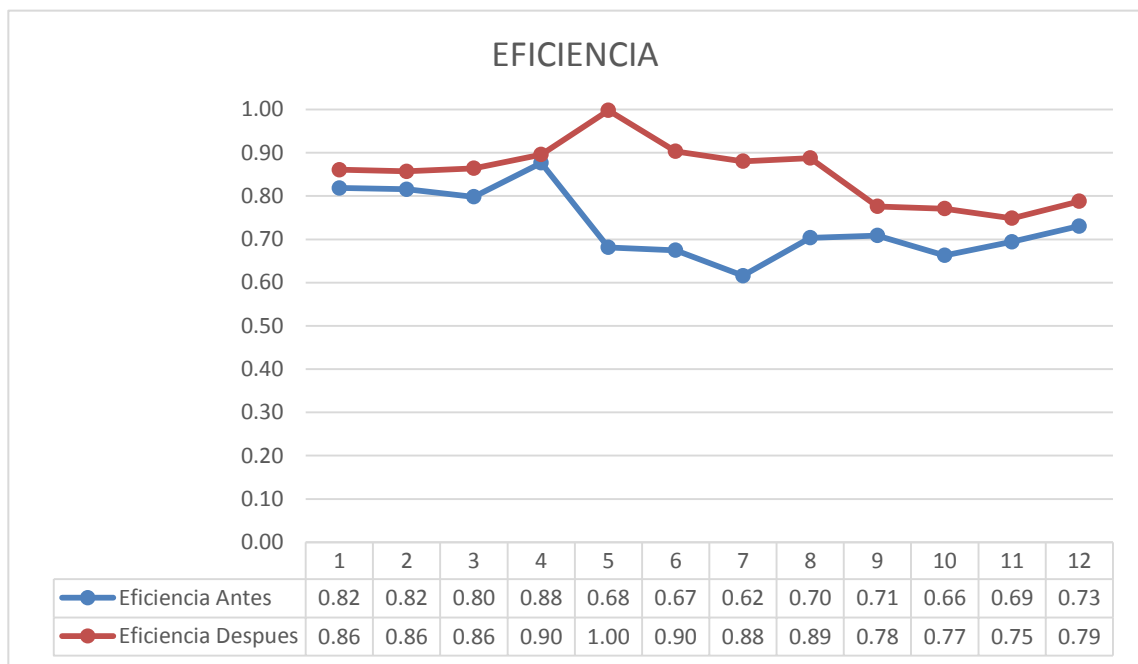


Gráfico 11. Comparación de la eficiencia

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 11 se aprecia como la eficiencia antes (azul) es menor a la eficiencia después (rojo) a pesar, que la demanda es variable se sigue manteniendo por encima; debido al aumento de eficiencia de equipos, siendo más productivos

C) Análisis de eficacia

En la siguiente tabla se expondrá los datos de la eficiencia en 12 pedidos antes y después.

Tabla 76. Comparación de la eficacia a través del SPSS

Descriptivos			Estadístico	Error típ.
Eficacia Antes	Media		,7433	,05114
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,6308	
		Límite superior	,8559	
	Media recortada al 5%		,7481	
	Mediana		,8000	
	Varianza		,031	
	Desv. típ.		,17715	
	Mínimo		,40	
	Máximo		1,00	
	Rango		,60	
	Amplitud intercuartil		,15	
	Asimetría		-,417	,637
	Curtosis		,168	1,232
Eficacia Despues	Media		,9722	,01873
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,9310	
		Límite superior	1,0134	
	Media recortada al 5%		,9784	
	Mediana		1,0000	
	Varianza		,004	
	Desv. típ.		,06487	
	Mínimo		,83	
	Máximo		1,00	
	Rango		,17	
	Amplitud intercuartil		,00	
	Asimetría		-2,055	,637
	Curtosis		2,640	1,232

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 74 se puede comparar la media y mediana de la eficacia antes (0.7433 y 0.8000) es menor a la eficacia después (0.9722 y 10000) ambos gozando de un 95% de confianza y con un total de 12 datos para ambos periodos; de igual manera la varianza después se encuentra más dispersa que la de su antecesora; es por ello que su Desviación Típica es de 0,17715 y 0,06487; siendo su Mínimo y Máximo del Antes (0.4 y 1 respectivamente) y el Después (0.83 y 1 correspondientemente); su Rango del antes y después (0,6 y 0.17 respectivamente) lo cual indica la cantidad de valores que toma la variable; no presenta Asimetría del Antes y Después es de -0.417 y -2.055 correspondientemente y finalizando con la curtósis del Antes y Después de 0.168 y 2.640

respectivamente, la cual indica que la curtosis del antes tiene mayor concentración de datos cerca de la media con respecto a la curtosis del después

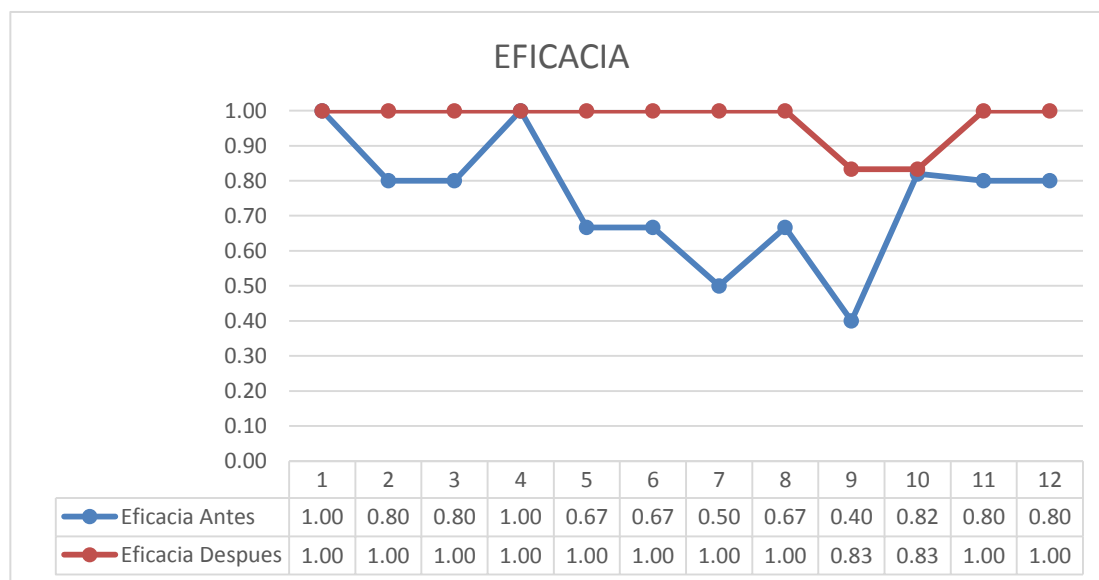


Grafico 12. Comparación de la eficacia

Fuente: Elaboración propia

En la figura 65 se aprecia como la eficacia antes (azul) es menor a la eficacia después (rojo) a pesar, que la demanda es variable se sigue manteniendo por encima; debido al aumento de eficacia de equipos, siendo más productivos.

3.2 Análisis Inferencial

En este punto examinaran los resultados del antes y después de la variable dependiente, productividad, por medio de las hipótesis para así tener una mejor claridad de los beneficios de la implementación.

3.2.1 Análisis de la Hipótesis General

Ha: La implementación del RCM aumenta la productividad del área de producción de tableros en la empresa SERTES. SAC.

Con la finalidad de comprobar la hipótesis general, es inevitable primero establecer si las cantidades que pertenecen a la productividad antes y después poseen una conducta

paramétrica, para tal efecto siendo las cantidades menores de 30 datos en ambos horizontes, corresponderá el estudio de la normalidad por medio del estadígrafo de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

Si $p_{\text{valor}} \leq 0.05$, los datos de la serie tiene un comportamiento no paramétrico

Si $p_{\text{valor}} > 0.05$, los datos de la serie tiene un comportamiento paramétrico

Tabla 77. Prueba de Normalidad de la Productividad

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Productividad Antes	.959	12	.766
Productividad Después	.894	12	.131

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

De la tabla X, se aprecia que la significancia de ambas productividades tienen valores mayores a 0.05, por ende y acorde de la regla de decisión se demuestra que su conducta es paramétrica. Según y conforme a lo que se pretende saber si la productividad ha mejorado, se abordará el estudio con el estadígrafo de T-Student.

Contrastación de la hipótesis general

H₀: La implementación del RCM no aumenta la productividad del área de producción de tableros en la empresa SERTES. SAC.

H_a: La implementación del RCM aumenta la productividad del área de producción de tableros en la empresa SERTES. SAC.

Regla de decisión:

H₀: $\mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$

H_a: $\mu_{Pa} < \mu_{Pd}$

Tabla 78. Contrastación de la Productividad

Estadísticos de muestras relacionadas

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Productividad Antes	.5528	12	.17936	.05178
Productividad Después	.8311	12	.10611	.03063

Fuente: Elaboración propia

De la tabla X, se demuestra que la media de la productividad antes (0.5528) es menor que la media de la productividad después (0.8311), por ende no se cumple $H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$, por tal motivo se desestima la hipótesis nula de que la implementación del RCM no aumenta la productividad del área de producción de tableros en la empresa SERTES. SAC, y se acepta la hipótesis de investigación, manifestando que la implementación del RCM aumenta la productividad del área de producción de tableros en la empresa SERTES. SAC.

Por tal razón se ratifica que el análisis es el correcto, se procederá al análisis del p_{valor} o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de T-Student a ambas productividades.

Regla de decisión:

Si $p_{valor} \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $p_{valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Tabla 79. Análisis de la significancia por T-Student de la Productividad

Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Productividad Antes - Productividad Después	-.27829	.18851	.05442	-.39806	-.15851	-5.114	11	.000

Fuente: Elaboración propia

De la tabla X, se comprueba que la significancia resultante de la prueba de T-Student realizada a la productividad antes y después es de 0.000, por ende y acorde a la regla de

decisión se desestima la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación, demostrando que la implementación del RCM aumenta la productividad del área de producción de tableros en la empresa SERTES. SAC.

3.2.2 Análisis de la Primera Hipótesis Específica

Ha: La implementación del RCM aumenta la eficiencia del área de producción de tableros de la empresa SERTES. SAC.

Con la finalidad de comprobar la primera hipótesis específica, es inevitable primero establecer si las cantidades que pertenecen a la eficiencia antes y después poseen una conducta paramétrica, para tal efecto siendo las cantidades menores de 30 de datos en ambos horizontes, corresponderá el estudio de la normalidad por medio del estadígrafo de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

Si $p_{\text{valor}} \leq 0.05$, los datos de la serie tiene un comportamiento no paramétrico

Si $p_{\text{valor}} > 0.05$, los datos de la serie tiene un comportamiento paramétrico

Tabla 80. Prueba de Normalidad de la Eficiencia

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia Antes	.935	12	.436
Eficiencia Después	.929	12	.372

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

De la tabla X, se aprecia que la significancia de ambas eficiencias tienen valores mayores a 0.05, por ende y acorde de la regla de decisión se demuestra que su conducta es paramétrica. Según y conforme a lo que se pretende saber si la eficiencia ha mejorado, se abordará el estudio con el estadígrafo de T-Student.

Contrastación de la primera hipótesis específica

H₀: La implementación del RCM no aumenta la eficiencia del área de producción de tableros de la empresa SERTES. SAC.

H_a: La implementación del RCM aumenta la eficiencia del área de producción de tableros de la empresa SERTES. SAC.

Regla de decisión:

$$\mathbf{H_0:} \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$$

$$\mathbf{H_a:} \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$$

Tabla 81. Contrastación de la Eficiencia

Estadísticos de muestras relacionadas

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Eficiencia Antes	.7317	12	.07791	.02249
Eficiencia Después	.8526	12	.07093	.02048

Fuente: Elaboración propia

De la tabla X, se demuestra que la media de la eficiencia antes (0.7317) es menor que la media de la eficiencia después (0.8526), por ende no se cumple **H₀:** $\mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$, por tal motivo se desestima la hipótesis nula de que la implementación del RCM no aumenta la eficiencia del área de producción de tableros de la empresa SERTES. SAC, y se acepta la hipótesis de investigación, manifestando que la implementación del RCM aumenta la eficiencia del área de producción de tableros de la empresa SERTES. SAC.

Por tal razón se ratifica que el análisis es el correcto, se procederá al análisis del p_{valor} o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de T-Student a ambas eficiencias.

Regla de decisión:

Si $\rho_{valor} \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $\rho_{valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Tabla 82. Análisis de la significancia por T-Student de la Eficiencia

Prueba de muestras relacionadas								
	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Eficiencia Antes - Eficiencia Después	-.12088	.10090	.02913	-.18499	-.05677	-4.150	11	.002

Fuente: Elaboración propia

De la tabla X, se comprueba que la significancia resultante de la prueba de T-Student realizada a la productividad antes y después es de 0.002, por ende y acorde a la regla de decisión se desestima la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación, demostrando que la implementación del RCM aumenta la eficiencia del área de producción de tableros en la empresa SERTES. SAC.

3.2.3 Análisis de la Segunda Hipótesis Específica

Ha: La implementación del RCM aumenta la eficacia del área de producción de tableros de la empresa SERTES. SAC

Con la finalidad de comprobar la segunda hipótesis específica, es inevitable primero establecer si las cantidades que pertenecen a la eficacia antes y después poseen una conducta paramétrica, para tal efecto siendo las cantidades menores de 30 de datos en ambos horizontes, corresponderá el estudio de la normalidad por medio del estadígrafo de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

Si $\rho_{\text{valor}} \leq 0.05$, los datos de la serie tiene un comportamiento no paramétrico

Si $\rho_{\text{valor}} > 0.05$, los datos de la serie tiene un comportamiento paramétrico

Tabla 83. Prueba de Normalidad de la Eficacia

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficacia Antes	.922	12	.305
Eficacia Después	.465	12	.000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

De la tabla X, se aprecia que la significancia de la eficacia antes es mayor a 0.05 y la eficacia después es menor a 0.05, por ende y acorde de la regla de decisión se demuestra que su conducta es no paramétrica. Según y conforme a lo que se pretende saber si la eficacia ha mejorado, se abordará el estudio con el estadígrafo de Wilcoxon.

Contrastación de la primera hipótesis específica

H₀: La implementación del RCM no aumenta la eficacia del área de producción de tableros de la empresa SERTES. SAC

H_a: La implementación del RCM aumenta la eficacia del área de producción de tableros de la empresa SERTES. SAC

Regla de decisión:

H₀: $\mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$

H_a: $\mu_{Pa} < \mu_{Pd}$

Tabla 84. Contrastación de la Eficacia

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Eficacia Antes	12	.7433	.17715	.40	1.00
Eficacia Después	12	.9722	.06487	.83	1.00

Fuente: Elaboración propia

De la tabla X, se demuestra que la media de la eficacia antes (0.7433) es menor que la media de la eficacia después (0.9722), por ende no se cumple **H₀:** $\mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$, por tal motivo se desestima la hipótesis nula de que la implementación del RCM no aumenta la eficacia

del área de producción de tableros de la empresa SERTES. SAC, y se acepta la hipótesis de investigación, manifestando que la implementación del RCM aumenta la eficacia del área de producción de tableros de la empresa SERTES. SAC

Por tal razón se ratifica que el análisis es el correcto, se procederá al análisis del p_{valor} o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de Wilcoxon a ambas eficacias.

Regla de decisión:

Si $p_{valor} \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $p_{valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Tabla 85. Análisis de la significancia por Wilcoxon de la Eficacia

Estadísticos de contraste^a	
	Eficacia Después - Eficacia Antes
Z	-2,829 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	.005

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

Fuente: Elaboración propia

De la tabla X, se comprueba que la significancia resultante de la prueba de Wilcoxon realizada a la eficacia antes y después es de 0.005, por ende y acorde a la regla de decisión se desestima la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación, demostrando que la implementación del RCM aumenta la eficacia del área de producción de tableros en la empresa SERTES. SAC.

IV DISCUSIÓN

4.1 Discusión general

Del estudio realizado a la productividad en el pre y post test se mejoró la productividad en un 0.21 (resultado de la resta de la productividad antes y después, tabla 59) en relación al estado inicial antes de la implementación del RCM para aumentar la productividad del área de producción de tableros, lo cual se vio reflejado en un ahorro en los costos por tercerizar teniendo un promedio mensual de S/. 4,100.00 mensuales, dado que la confiabilidad aumento, el tiempo de producción se redujo y por ende la capacidad promedio de producción al mes se incrementó en 2 tableros mas (producción promedio después 20). Generando así la aceptación de la hipótesis general luego del análisis estadístico. por otro lado analizando los resultados a criterio propio se ve un mayor rendimiento de los equipos, puesto que al seguir la técnica del RCM la vida útil y capacidad operativa de los quipos se incrementó, la constitución interna de los mismo y una mejor gestión de repuestos, aplaco muchos fallas funcionales que aquejaban a los equipos y le afectaban al rendimiento ideal de funcionamiento. Igualmente este resultado guarda relación con los resultados obtenidos de PÉREZ, Edgar en su tesis “Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para una paletizadora de sacos de cemento.” En la cual evidencia que el 88% de las tareas realizadas son del tipo mantenimiento preventivo y el resto correctivo, que estas tareas preventivas no aportaban mayor beneficio, pues resultaban repetitivas pero con la utilización del RCM que es un mantenimiento más enfocado al mantenimiento predictivo operacional, se redujeron los costos de mantenimiento y la productividad sufrió un incremento. De igual manera en la presente investigación se sustentó la disminución de costos como lo avala Gonzales (2016, p.83) donde menciona que la el método del RCM se veía reflejado bajando los costos y actividades de mantenimiento, sino que además mejora los niveles de confiabilidad, disponibilidad y seguridad.

Además los resultados expuestos por ROJAS Randall (2010) en la que aplico el sistema de mantenimiento centrado en confiabilidad, con la finalidad de mejorar la productividad, reducir los costos de mantenimiento y garantizar la confiabilidad de los equipos y evaluar el riesgo de falla de cada componente. La confiabilidad mejora la productividad de los equipos en un 12% y se tiene un crecimiento de confiabilidad de 14%.

Para finalizar y reafirmando la importancia de la confiabilidad para aumentar la productividad de equipos, se referenciara la tesis de CORDOVA, Carlos el cual aplica la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) en la cual se ve

referenciada la necesidad de aumentar la confiabilidad de los hornos quemadores. El cual parte de un análisis situacional y un análisis de antecedentes para indicar una serie de pautas a considerar para la implementación del RCM; a su vez el proyecto divide la implementación en 5 partes que son: selección del grupo de trabajo, definición de alcance y objetivos, se realiza análisis de modo y efectos de falla, se procede a la evaluación de los procedimientos a emplear y finalizando con un plan de mantenimiento. El cual se evidencio un incremento en la confiabilidad de 1.5% , el cual se vio reflejado en la productividad y su capacidad.

V CONCLUSIONES

Las conclusiones en la presente investigación son generadas como respuesta a los problemas y objetivos planteados.

- Se concluye y afirma que la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) aumento la productividad en un 21% en el área de producción de tableros de la empresa SERTES SAC; de modo que la implementación aumento la confiabilidad en un 21.1% y la disponibilidad en un 18.9 % de los equipos aumentando así su vida útil y el rendimiento de los equipos.
- Se concluye y afirma que la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) aumento la eficiencia en un 12.14% en el área de producción de tableros de la empresa SERTES SAC; de modo que se redujo las horas promedio real de producción por tablero permitiendo de este modo aumentar la capacidad mensual.
- Se concluye y afirma que la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) aumento la eficacia en un 22.59% en el área de producción de tableros de la empresa SERTES SAC; de modo que se aumentó la capacidad de producción mensual como respuesta de la disminución del tiempo de producción; evidenciando un incremento en la capacidad de la empresa para cubrir la demanda.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar periódicamente los planes de mantenimiento obtenidos a través de la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad; debido a que el contexto operativo de los equipos cambia de acuerdo al tipo de tablero a producir, esto para continuar con el mejoramiento de las tareas programadas.

- Se recomienda llevar un adecuado control y procesamiento de los datos obtenidos en las fichas de futuras programaciones, puesto que los modos de falla considerados en este estudio responden a los antecedentes de falla registrados y los modos de falla más comunes, estos no son absolutos existen modos que pueden escapar al análisis o que pueden surgir inesperadamente.

- Se recomienda realizar una capacitación permanente de buenas prácticas de uso de equipos y manipulación del mismo, dirigido a los colaboradores del área de producción, esto para evitar desperfectos o fallas a causa de una incorrecta manipulación de los equipos; esto contribuirá a mejorar la productividad de los equipos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBAN, Nery. Implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad de las maquinarias en la empresa Construcciones Reyes S.R.L. para incrementar la productividad. Tesis (Ingeniero Industrial). Chiclayo, Perú: Universidad católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2017. Disponible en: <http://tesis.usat.edu.pe/handle/usat/798>

ALEGRÍA, Luis. Productividad en el Perú: ¿somos o nos creemos productivos? [en línea]. Gestión. Perú. 30 de julio de 2015. [Fecha de consulta: 2 de Octubre de 2017]. Disponible en: <https://goo.gl/mG8B7D>

Banco Mundial (2015), [en línea]. [fecha de consulta: 20 setiembre de 2017]. Disponible en: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/21699/9781464806094.pdf>

CORDOVA, Carlos. Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) a los hornos convertidores Peirce Smih de la fundición de cobre de Southern Perú Copper Corporation. Tesis (ingeniero mecánico). Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2005. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/744>

Mg. ZAGUIRRE, Ricardo. Propuesta para mejorar la planificación y programación del mantenimiento aplicado a la empresa siderúrgica del Perú. Tesis (Doctorado en Dirección y Administración de Empresas). Trujillo, Peru. Universidad Privada Antenor Orrego, 2014. Disponible en: http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/800/1/IZAGUIRRE_RICARDO_PLANIFICACI%C3%93N_MANTENIMIENTO_SIDER%C3%93RGICA.pdf

PARODI, Carlos. Desaceleracion China y America Latina.[en línea]. Gestion. Peru. 23 de septiembre de 2016. [fecha de consulta: 21 de septiembre de 2017]. Disponible en: <http://blogs.gestion.pe/economiaparatodos/2016/09/desaceleracion-china-y-america-latina-2.html>

RODRIGUES, Miguel. Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima, Perú: Universidad Privada del Norte, 2012. Disponible en: <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/89>

ROJAS, José. Propuesta de diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para una empresa de servicios de elevación de Lima. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima, Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2014. Disponible en: http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/324418/1/donayre_ve.pdf

PÉREZ, Edgar. Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para una paletizadora de sacos de cemento. Tesis (Ingeniero Mecánico). Puerto de la Cruz,

Venezuela: Universidad de Oriente, 2010. Disponible en: <http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/3101/1/35-TESIS.IM010P63.pdf>

ESPEJO, Cristian y ESPEJO, Juan. Implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad en una maltería. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima, Perú: Universidad Privada del Norte, 2016. Disponible en: <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10843>

CÓRDOBA, Roberto. Diseño de un programa de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM para el área de empaque de la empresa Laboratorios Stein. Tesis (Lic. Ingeniero de Mantenimiento Industrial) Cartago, Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica, 2016. Disponible en: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6587>

ROA, José y GOMEZ, José. Optimización del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para los equipos rotativos en la planta Aromáticos de la GRB de Ecopetrol. Tesis (especialista en evaluación y gerencia de proyectos). Barrancabermeja, Colombia: Universidad Industrial de Santander, 2014. Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2014/151352.pdf>

POVEDA, Alejandro. Aplicación de la metodología RCM para el desarrollo del plan de mantenimiento del sistema de llenado automático de botellas de GLP. Tesis (Ingeniero Mecánico) Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica Del Litoral, 2012. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31184>

GARCÍA, Félix y REDROBAN, Cristian. Propuesta en marcha y mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) del caldero piro-tubular de la facultad de mecánica. Tesis (Ingeniero de Mantenimiento). Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2015. Disponible en: <http://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4201/1/25T00264.pdf>

ROJAS, Randall. Plan para la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para plantas de concreto en proyectos del ICE. Tesis (Master en administración de proyectos) San José, Costa Rica: Universidad para la cooperación Internacional, 2010. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/65695822/rcm-concrreto>

GONZALES, Gardella. Mejora de metodología RCM a partir del AMFEC e implantación de mantenimiento preventivo y predictivo en plantas de procesos. Tesis doctoral (Ingeniería de Mantenimiento) Valencia, España: Universidad Politécnica de València, 2010. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/968>

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. 2a ed. Perú: Editorial San Marcos, 2013, 495 pp. ISBN: 9786123028787

RODRÍGUEZ, José. Manual: Estrategia de las 5S. Honduras: JICA, 2010, 149 pp.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. 5ª ed. México: Mc Graw Hill, 2010, 736 pp. ISBN: 9786071502919

RENDER, Barry y HEIZER, Jay. Principios de administración de operaciones. 9ª ed. México: Pearson Education, 2015, 762 pp. ISBN: 978 607 322 3362

GARCÍA, Alfonso. Productividad y reducción de costos. 2a ed. México: Trillas, 2011, 304 pp. ISBN: 9786071707338

MOUBRAY, Jhon. Mantenimiento centrado en confiabilidad. U.S.A.: Aladon LLC, 1991, 433 pp. ISBN 09539603-2-3

MAYNARD, Harold. Manual del ingeniero industrial. 5a ed. Mexico: MCGRAW-HILL, 2006, 900 pp. ISBN 9789701047965

CHASE, Richard. y ALQUILANO, Nicholas. Administración de operaciones. 12a ed. Mexico: MCGRAW-HILL , 2009, 787 pp. ISBN 978-970-10-7027-7

ANEXOS

Anexo 1. Carta de Presentación

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor(a)(ita):
Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiante del programa de EP de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede Lima Norte, promoción 2017 – II y requiero validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optare el grado de bachiller.

El título nombre de mi proyecto de investigación es **“Implementación del RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad) para aumentar la productividad del área de producción de tableros de la empresa SERTES SAC, lima, 2017”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Firma

Apellidos y nombre:

D.N.I:

Anexo 2. Definición Conceptual de la Variables y Dimensiones



DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE Y DIMENSIONES

Variable: RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad)

Es un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual. (Moubray, 2004, p. 19).

Dimensiones de las variables: RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad)

Dimensión 1: CONFIABILIDAD

Según Smith (2011). El mantenimiento centrado en la confiabilidad se define como Una filosofía de gestión en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimizar operaciones de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades de mantenimiento más efectivas en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dichos sistemas.” (P.79).

Dimensión 2: DISPONIBILIDAD

La disponibilidad de un equipo simboliza la proporción del tiempo en que estuvo a disposición del instrumento de maniobra para ejercer su operación. Es la probabilidad de que el equipo marche favorablemente en el instante en que sea solicitado después de la iniciación de su operación, cuando se usa bajo circunstancias fijas. (Mora, 2004, p. 54).

DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE DEPENDIENTE Y DIMENSIONES

Variable: PRODUCTIVIDAD

Para Gutiérrez y De la Vara (2015), la productividad se separa en dos criterios: eficiencia y eficacia. Por un lado, la eficiencia es la relación propiamente dicha de los recursos utilizados y los productos obtenidos, por lo que se debe procurar no tener pérdidas de tiempo, material, personal o recursos empleados de los que dependa la obtención del producto o servicio. Por otro lado, la eficacia está relacionado con las actitudes o acciones que se emplean para prevenir los diferentes tipos de retrasos que impidan tener una buena eficiencia (p. 7).

Dimensiones de las variables: PRODUCTIVIDAD

Dimensión 1: EFICIENCIA

García (2011), define la eficiencia como la relación entre los recursos programados y los insumos utilizados realmente. El índice de eficiencia, expresa un buen uso de los recursos en la producción de un producto en un periodo definido .eficiencia es hacer bien las cosas. (p. 17).

Dimensión 2: EFICACIA

García (2011), nos indica que es la relación entre los productos logrados y las metas que se tienen fijadas. El índice de eficacia expresa el buen resultado de la realización de un producto en un periodo definido. Eficacia es obtener resultados. (p. 17).

Anexo 3. Matriz de Operacionalización de Variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala
Independiente RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad)	En una técnica empleada para definir las pautas de mantenimiento más adecuadas, para asegurar el funcionamiento para el que está diseñado. (Moubray, 2004, p. 19).	La gestión de la implementación del RCM en la empresa se realiza a través del índice de confiabilidad y Disponibilidad de sus equipos	Confiabilidad	$Co = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \times 100$ <p>Co: confiabilidad operacional MTBF: Es el Tiempo promedio entre Fallas MTTR: Es el Tiempo Promedio para Reparar</p>	Razón
			Disponibilidad	$Do = \frac{MUT}{(MUT + MTTR)} \times 100$ <p>Do: disponibilidad Operacional MTTR: Es el Tiempo Promedio para Reparar MUT : es Tiempo Promedio en Operación o Tiempo promedio para fallar (MTTF)</p>	Razón
Dependiente productividad del área de producción de tableros	Es la relación entre los bienes y servicios producidos y los recursos utilizados. (García, 2011, p.17).	La productividad en el área de producción de tableros es medida mediante la eficiencia con relación a las horas y eficacia con respecto al número de pedidos	Eficiencia	$Eficiencia = \frac{\text{horas hombre estimada}}{\text{horas hombre real}} \times 100$	Razón
			Eficacia	$Eficacia = \frac{\text{numero de tableros entregados}}{\text{numero de tableros programados}} \times 100$	Razón

Fuente: elaboración propia

Anexo 4. Certificado de Validación del Instrumento de Medición



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad)

Nº	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		SI	No	SI	No	SI	No	
1	Dimensión 1 Confiabilidad							
	$Co = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \times 100$ <p>Co: confiabilidad operacional MTBF: Es el Tiempo promedio entre Fallas MTTR: Es el Tiempo Promedio para Reparar</p>	✓		✓		✓		
2	Dimensión 2 Disponibilidad							
	$Do = \frac{MUT}{(MUT + MTTR)} \times 100$ <p>Do: disponibilidad Operacional MTTR: Es el Tiempo Promedio para Reparar MUT : es Tiempo Promedio en Operación o Tiempo promedio para fallar (MTTF)</p>	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [☒]

Aplicable después de corregir [☐]

No aplicable [☐]

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: *Dr. Jorge Rafael Díaz Dumont*

DNI: *08698813*

Especialidad del validador: *ING. INDUSTRIAL*

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Dr. Jorge Rafael Díaz Dumont
Ing. Industrial CIP 43232
Lic. en Educación CPPe 0306698615
Docente de Escuela Universitaria
Posgrado - UNFV

2 de *11* del 201 *7*

Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE TABLEROS

Nº	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
1	Dimensión 1 Eficiencia	Si	No	Si	No	Si	No	
	$\text{Eficiencia} = \frac{\text{horas hombre estimada}}{\text{horas hombre real}} \times 100$	✓		✓		✓		
2	Dimensión 2 Eficacia	Si	No	Si	No	Si	No	
	$\text{Eficacia} = \frac{\text{numero de tableros entregados}}{\text{numero de tableros programados}} \times 100$	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [☒] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: Dr. Jorge Rafael Díaz Dumont DNI: 0869280

Especialidad del validador: ING. INDUSTRIAL

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

2 de 11 del 201 7


Mr. Jorge Rafael Díaz Dumont
Ing. Industrial CIP 43232
Lic. en Educación CPPe 030888815
Docente de Escuela Universitaria
Posgrado - UNFV

Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad)

Nº	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		SI	No	SI	No	SI	No	
1	Dimensión 1 Confiabilidad							
	$Co = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \times 100$ <p>Co: confiabilidad operacional MTBF: Es el Tiempo promedio entre Fallas MTTR: Es el Tiempo Promedio para Reparar</p>	✓		✓		✓		
2	Dimensión 2 Disponibilidad							
	$Do = \frac{MUT}{(MUT + MTTR)} \times 100$ <p>Do: disponibilidad Operacional MTTR: Es el Tiempo Promedio para Reparar MUT : es Tiempo Promedio en Operación o Tiempo promedio para fallar (MTTF)</p>	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay Suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [✓] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: ESTRADA NÚÑEZ SANTIAGO DNI: 08063487

Especialidad del validador: ING. Químico

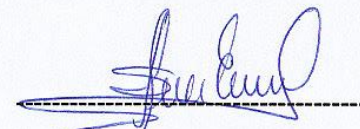
¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

02 de 11 del 201 7


Firma del Experto Informante.
CIP 61400

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE TABLEROS

Nº	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
1	Dimensión 1 Eficiencia	SI	No	SI	No	SI	No	
	$\text{Eficiencia} = \frac{\text{horas hombre estimada}}{\text{horas hombre real}} \times 100$	✓		✓		✓		
2	Dimensión 2 Eficacia	SI	No	SI	No	SI	No	
	$\text{Eficacia} = \frac{\text{numero de tableros entregados}}{\text{numero de tableros programados}} \times 100$	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay Suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [✓] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: ESTRADA NÚÑEZ SANTIAGO DNI: 08063487

Especialidad del validador: ING. QUÍMICO

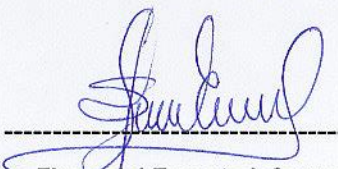
¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

02 de 11 del 201 7


 Firma del Experto Informante.
CIP 61400

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad)

Nº	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
1	Dimensión 1 Confiabilidad	SI	No	SI	No	SI	No	
	$Co = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \times 100$ <p>Co: confiabilidad operacional MTBF: Es el Tiempo promedio entre Fallas MTTR: Es el Tiempo Promedio para Reparar</p>							
2	Dimensión 2 Disponibilidad	SI	No	SI	No	SI	No	
	$Do = \frac{MUT}{(MUT + MTTR)} \times 100$ <p>Do: disponibilidad Operacional MTTR: Es el Tiempo Promedio para Reparar MUT : es Tiempo Promedio en Operación o Tiempo promedio para fallar (MTTF)</p>							

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ☒ [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: Daniel Silva DNI: 10797639

Especialidad del validador: MSc. IT, Ing. Industrial

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

7 de Nov del 2017

DANIEL RICARDO
 SILVA SIU
 INGENIERO INDUSTRIAL
 Reg. CIP N° 11024
 Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE TABLEROS

Nº	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		SI	No	Si	No	Si	No	
1	Dimensión 1 Eficiencia							
	$\text{Eficiencia} = \frac{\text{horas hombre estimada}}{\text{horas hombre real}} \times 100$							
2	Dimensión 2 Eficacia							
	$\text{Eficacia} = \frac{\text{numero de tableros entregados}}{\text{numero de tableros programados}} \times 100$							

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [☒] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: Daniel Silva DNI: 10792639

Especialidad del validador: MsC. IT, ING Industrial

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión


.....de.....del 201 7

DANIEL RICARDO SILVA SIU
INGENIERO INDUSTRIAL
 Reg. CIP N° 11074
 Firma del Experto Informante.

Anexo 5. Ficha del Turnitin

Feedback Studio - Google Chrome
Seguro | https://ev.turnitin.com/app/carta/es/?o=975793883&lang=es&student_user=1&u=1068644090&s=

feedback studio Fred Alexander MARCHENA SOSA rcm

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD (RCM) PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE TABLEROS DE LA EMPRESA SERTES
S.A.C, LIMA, 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:
MARCHENA SOSA, FRED ALEXANDER

ASESOR:
Mgtr. REINOSO VASQUEZ GEORGE


LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
GESTIÓN EMPRESARIAL Y PRODUCTIVA

Resumen de coincidencias
8 %
Se están viendo fuentes estándar
[Ver fuentes en inglés \(Beta\)](#)
Coincidencias

1	Entregado a Universida...	4 %	>
Trabajo del estudiante			
2	repositorio.ucv.edu.pe	2 %	>
Fuente de Internet			
3	repositorio.uncp.edu.pe	<1 %	>
Fuente de Internet			
4	pt.scribd.com	<1 %	>
Fuente de Internet			
5	tesis.usat.edu.pe	<1 %	>
Fuente de Internet			
6	bibdigital.epn.edu.ec	<1 %	>
Fuente de Internet			
7	Entregado a Universida...	<1 %	>
Trabajo del estudiante			
8	tesis.ucsm.edu.pe	<1 %	>
Fuente de Internet			
9	www.datalyzer.com	<1 %	>
Fuente de Internet			

Página: 1 de 199 Número de palabras: 29962 Text-only Report High Resolution Activado 07:21 a.m. 30/06/2018

Anexo 6. Ficha de futuras programaciones

FICHA DE FUTURAS PROGRAMACIONES						 <small>Servicios Técnicos Solidarios S.A.C.</small> <small>Unidad Vecinal Miraflores, Bloque 50-J Cercado de Lima</small> <small>Teléfono: 3365926 Rpm: #945057629</small>
N°	FECHA DE OBSERVACIÓN	EQUIPO	CÓDIGO	OBSERVACIÓN	RECOMENDACIÓN	RESPONSABLE
1	05/02/2018	COMPRESOR	AP-COM 001	La faja presenta grietas	Cambiar la faja de transmisión y limpiar hilos del templador	Practicante área mantenimiento
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Anexo 7. Formato de capacitaciones

CAPACITACIÓN DEL PLAN DEL PROGRAMA Y PLAN DE MANTENIMIENTO				 Sertes <small>Servicios Técnicos Solidarios S.A.C. Unidad Vecinal Mirones, Block 50-J Cercado de Lima Telf: 3365926 Rpm: #945057629</small>
TEMA:				
EXPOSITOR:				FECHA:
N°	APELLIDOS Y NOMBRE	CARGO	DNI	FIRMA
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				

RESPONSABLE

EXPOSITOR



**ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE
TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo, LEONIDAS MANUEL BRAVO ROJAS, Coordinador de Investigación de la EP de Ingeniería Industrial de la Universidad Cesar Vallejo, Lima Norte, verifico que la Tesis Titulada: "IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE TABLEROS DE LA EMPRESA SERTES S.A.C, LIMA, 2018", del estudiante MARCHENA SOSA FRED ALEXANDER; tiene un índice de similitud de 9 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 21 Noviembre del 2018

Dr. LEONIDAS M. BRAVO ROJAS
Coordinador de Investigación de la EP de
Ingeniería Industrial

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
EP DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

MARCHENA SOSA FRED ALEXANDER

INFORME TITULADO:

"IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD
(RCM) PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE
TABLEROS DE LA EMPRESA SERTES S.A.C, LIMA, 2018"

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

SUSTENTADO EN FECHA: 19 DE Julio del 2018

NOTA O MENCIÓN: 14

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

"IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE TABLEROS DE LA EMPRESA SERTES S.A.C. LIMA, 2018"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

MARCHENA SOSA, FRED ALEXANDER

ASESOR:

Mgr. REINOSO VASQUEZ GEORGE

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
GESTIÓN EMPRESARIAL Y PRODUCTIVA

Lima - Perú

Año

2018

[illegible]